



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

“SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES INDICADORAS DE PRECISIÓN DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN (P.A.P.I.-PRECISION APPROACH PATH INDICATOR) PARA LA OPERATIVIDAD DEL AEROPUERTO JUMANDY DE LA CIUDAD DEL TENA.”

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Embebidos

AUTOR: Falconí Hidalgo Renato Danilo

TUTOR: Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

AMBATO – ECUADOR

Noviembre – 2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Graduación con el tema: **“Sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I.-Precision Approach Path Indicator) para la operatividad del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena”**, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

CERTIFICO

Que he analizado el Trabajo de Investigación desarrollado por el señor **Renato Danilo Falconí Hidalgo**, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Considero que el informe investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes científicos–técnicos suficientes para someterse a los trámites oportunos, consiguiente aprobación y calificación; de conformidad con el Art.16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Noviembre 2014

TUTOR

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo
C.I.: 050239248-3

AUTORÍA

El abajo firmante, en calidad de egresado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial; declara que el contenido descrito en este Trabajo de Graduación, requisito previo a la obtención del Título Terminal de Tercer Nivel en: Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones; es original, auténtico, personal y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor. Además, que el Trabajo de Investigación se fundamenta en la bibliografía que incluye este documento.

Ambato, Noviembre 2014

AUTOR

Falconí Hidalgo Renato Danilo

C.I.: 050297870-3

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente Trabajo de Investigación, conformada por los señores docentes **Ing. Patricio Encalada** e **Ing. Patricio Córdova**, revisó y aprobó el Informe Final del Trabajo de Graduación titulado “**Sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I.-Precision Approach Path Indicator) para la operatividad del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena**”, presentado por el señor: **Renato Danilo Falconí Hidalgo**, de acuerdo al Art.17 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Noviembre 2014

.....
Ing. Mg. Vicente Morales Lozada
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Mg. Patricio Córdova
DOCENTE CALIFICADOR

.....
Ing. Mg. Santiago Altamirano
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor; por ser el creador de la vida y gestor de mi existencia. Por caminar junto a mí, extendiéndome sus manos en cada momento, cuidándome y levantándome en los instantes de declive y cansancio.

A mis padres, por su ternura y apoyo, por su ejemplo de tenacidad y fortaleza insaciable que han plasmado en mí, valores morales y virtudes; actitudes que han permitido formar mi carácter. Por su consejo, su comprensión, su amor y por depositar su entera confianza en cada reto presente, en esta etapa más de mi vida. Por su motivación, por creer en mí y mi capacidad.

A mis hermanos por estar presentes en este camino de objetivos y metas cumplidas, con su cariño, su inspiración y alegría; de manera especial, a la memoria de mis hermanas Magdalena (+) y Pamela (+) quienes cerraron los ojos anticipadamente, pero que; innegablemente son la guía y custodia perenne en mi desarrollo profesional y personal.

Renato

AGRADECIMIENTO

Infinitamente gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente; por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo de formación profesional.

A la Universidad Técnica de Ambato; en particular a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, y sus catedráticos; que impartieron en las aulas de nuestra querida FISEI, todos sus conocimientos y mostraron también sus valores, permitiendo así; una formación integral en sus alumnos.

Al Aeropuerto Internacional Jumandy, de la ciudad del Tena; en especial al Ing. Juan Andino y al Ing. Henry Vargas, por proporcionar la orientación y ayuda inefable en la implementación del proyecto; su excelente respaldo e interés hicieron posible la realización de este trabajo de investigación.

Al Ing. Juan Pablo Pallo, Tutor de tesis; por su valiosa guía y asesoramiento al desarrollo de la misma. Su invaluable apoyo y motivación forjaron la eficiente culminación de esta tesis.

Mi gratitud, también; a todos quienes estuvieron vinculados de alguna manera en este trabajo; sus valiosas aportaciones hicieron posible y mejoraron la presente investigación. Agradezco extensivamente a mis padres, a mi familia y a quienes siempre me han enseñado algo o aportaron con un granito de arena haciendo un inestimable beneficio para mi vida; no desfallecer, perseverar, y no rendirme ante nada. Mi mayor reconocimiento y gratitud.

A todos, con indiviso corazón; muchas gracias y que Dios los bendiga.

Renato

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS	PÁGINAS
PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
RESUMEN	xxiii
SUMMARY	xxiv
GLOSARIO	xxv
ACRÓNIMOS	xxviii
INTRODUCCIÓN	xxx

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del Problema	1

1.3. Delimitación	3
1.3.1 Delimitación de Contenido	3
1.3.2 Delimitación Espacial	3
1.3.3 Delimitación Temporal	3
1.4. Justificación	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos	6
2.2. Fundamentación Teórica	6
2.2.1 Características aeronáuticas de los aeropuertos	6
2.2.2 Características técnicas de la pista de un aeropuerto	10
2.2.3 Calles de rodaje	16
2.2.4 Plataforma	17
2.2.5 Espacio aéreo ATS	17
2.2.6 Condiciones meteorológicas visuales y altitudes mínimas de vuelo	18
2.2.7 Ayudas radioeléctricas para la navegación aérea	19
2.2.8 Ayuda Visual	19
2.2.9 Sistema de potencia y distribución	25

2.2.10 Características de las ayudas visuales iluminadas	27
2.2.11 Circuito de tráfico para aterrizaje	28
2.2.12 Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación	32
2.3. Propuesta de Solución	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de la Investigación	36
3.1.1 Investigación de Campo	36
3.1.2 Investigación Documental Bibliográfica	36
3.1.3 Proyecto Factible	37
3.2. Población y Muestra	37
3.3. Recolección de Información	38
3.4. Procesamiento y Análisis de datos	38
3.5. Desarrollo del proyecto	39
3.6. Análisis de resultados de la entrevista aplicada al Personal Administrativo y de Operaciones del Aeropuerto Jumandy	40
3.7. Conclusiones y Recomendaciones de la entrevista aplicada al Personal Administrativo y de Operaciones del Aeropuerto Jumandy	50
3.7.1 Conclusiones	50
3.7.2 Recomendaciones	50

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Datos Informativos	52
4.2. Antecedentes de la Propuesta	52
4.3. Justificación	54
4.4. Objetivos	55
4.4.1 Objetivo General	55
4.4.2 Objetivos Específicos	55
4.5. Análisis de Factibilidad	56
4.5.1 Factibilidad Operativa	56
4.5.2 Factibilidad Temporal	56
4.5.3 Factibilidad Técnica	57
4.5.4 Factibilidad Económica	57
4.5.5 Proyección a Futuro	57
4.6. Fundamentación Científico-Técnica	58
4.6.1 Flota de Diseño	58
4.6.2 Características aeronáuticas del Aeropuerto Jumandy	61
4.6.3 Características técnicas de la pista del Aeropuerto Jumandy	62
4.6.4 Calles de rodaje	66
4.6.5 Ayudas radioeléctricas para la navegación aérea	68
4.6.6 Ayudas visuales no iluminadas para la navegación aérea	69

4.6.7 Ayudas visuales iluminadas para la navegación aérea	72
4.6.8 Sistema de Potencia y Distribución	77
4.6.9 Sistema de Control y Monitoreo	83
4.7. Sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I)	84
4.7.1 Arquitectura general del Sistema Electrónico de Luces PAPI	84
4.7.2 Arquitectura detallada del Sistema Electrónico de Luces PAPI	84
4.7.3 Selección de equipos para el Sistema Electrónico de Luces PAPI	85
4.8. Implementación del Sistema Electrónico de Luces PAPI	94
4.8.1 Consideraciones generales de colocación	94
4.8.2 Descripción	97
4.8.3 Instalación	107
4.8.4 Operación	131
4.8.5 Equipos de Potencia y Distribución	132
4.8.6 Equipos del Sistema de Control y Monitoreo	141
4.8.7 Sistema Eléctrico de la pista	151
4.8.8 Estudio Económico	156
4.9. Recuperación del capital invertido en el sistema electrónico de luces PAPI	166
4.10. La seguridad a partir del Sistema Electrónico de luces PAPI y las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy	169
4.10.1 La seguridad con las Ayudas Visuales	170

4.10.2 La seguridad con el Sistema Electrónico de luces PAPI	171
4.10.3 Cuantificación de la Seguridad a través del Método de William T. Fine	173
4.11. Manual de mantenimiento del Sistema Electrónico de luces PAPI	182

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	183
5.2. Recomendaciones	184
BIBLIOGRAFÍA	186
ANEXOS	189
APÉNDICES	242

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINAS
Tabla 2.1: Elementos de la clave de referencia de aeródromo	7
Tabla 2.2: Clasificación de los aeropuertos	8
Tabla 2.3: Anchura de pista en función de la clave de referencia del aeródromo	11
Tabla 2.4: Anchura de la calle de rodaje	16
Tabla 2.5: Sistema de iluminación para la aproximación y navegación	22
Tabla 2.6: Sistema de iluminación en la pista de aterrizaje	23
Tabla 2.7: Sistema de iluminación en las calles de rodaje	23
Tabla 2.8: Letreros y cono de viento	24
Tabla 2.9: Requisitos de la fuente secundaria de energía eléctrica	26
Tabla 2.10: Nivel de brillo de cada tipo de sistema de iluminación	28
Tabla 3.1: Población Año 2013	37
Tabla 3.2: Resultados sobre la existencia de un sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy	40
Tabla 3.3: Resultados sobre la operatividad y seguridad del aeropuerto	41
Tabla 3.4: Resultados sobre la influencia del sistema electrónico de luces PAPI	42
Tabla 3.5: Resultados sobre las competencias internacionales del sistema electrónico de luces e iluminación	43
Tabla 3.6: Resultados sobre la capacitación en estándares de la FAA y la OACI	44

Tabla 3.7: Resultados sobre las configuraciones para el sistema electrónico de luces PAPI	45
Tabla 3.8: Resultados sobre los niveles de voltaje de operación de una unidad PAPI estilo A	46
Tabla 3.9: Resultados sobre el valor de corriente de operación de una unidad PAPI estilo B	47
Tabla 3.10: Resultados sobre las características del Regulador de Corriente Constante (CCR)	48
Tabla 3.11: Resultados sobre el valor de la potencia necesaria en los transformadores de aislamiento	49
Tabla 4.1: Desglose de modelos previstos para la flota de diseño	58
Tabla 4.2: Tráfico de pasajeros y aeronaves previstos en hora punta	59
Tabla 4.3: Capacidad de dos pistas paralelas de aterrizaje	60
Tabla 4.4: Tráfico de pasajeros y aeronaves en hora punta en el nuevo horizonte	60
Tabla 4.5: Datos geográficos	61
Tabla 4.6: Características físicas de la pista	62
Tabla 4.7: Distancias declaradas	63
Tabla 4.8: Espacio Aéreo ATS	65
Tabla 4.9: Instalaciones de Comunicaciones	68
Tabla 4.10: Radioayudas para la navegación y el aterrizaje	68
Tabla 4.11: Brillo dependiendo de la intensidad lumínica	78
Tabla 4.12: Potencia de luces de pista	82

Tabla 4.13: Potencia requerida para los RCC	83
Tabla 4.14: Cuadro comparativo Reguladores de Corriente Constante (RCC)	86
Tabla 4.15: Cuadro comparativo Unidades PAPI	88
Tabla 4.16: Cuadro comparativo Transformadores de Aislamiento	90
Tabla 4.17: Cuadro comparativo Kit de conectores primario y secundario	92
Tabla 4.18: Equipo necesario PAPI L-880 suministrado	104
Tabla 4.19: Equipo necesario adicional suministrado y no suministrado	104
Tabla 4.20: Número necesario de Transformadores de Aislamiento L-830	104
Tabla 4.21: Conducto y cable	105
Tabla 4.22: Rango de temperatura de funcionamiento	106
Tabla 4.23: Dimensiones de la unidad PAPI L-880	106
Tabla 4.24: Altura del cruce de umbral	111
Tabla 4.25: Reglaje de las unidades PAPI	112
Tabla 4.26: Distancias definidas para el cálculo de la posición del PAPI	113
Tabla 4.27: Margen de sobrevuelo de las ruedas sobre el umbral	114
Tabla 4.28: Margen especificado y calculado para las aeronaves de la flota	115
Tabla 4.29: Margen de franqueamiento recalculado y la nueva posición del PAPI	116
Tabla 4.30: Márgenes deseados y efectivos sobre el umbral recalculado	119
Tabla 4.31: Nuevos márgenes deseados y efectivos sobre el umbral	120
Tabla 4.32: Ángulos de enfoque para las unidades PAPI L-880	121
Tabla 4.33: Conexiones del Interruptor de Inclinación Caja Máster	127

Tabla 4.34: Conexiones de los Cables de la Lámpara Caja Máster	127
Tabla 4.35: Conexiones del Interruptor de Inclinación Caja Esclavo	128
Tabla 4.36: Conexiones de los Cables de la Lámpara Caja Esclavo	128
Tabla 4.37: Especificaciones del CCR YCR 5000	133
Tabla 4.38: Salida de Corriente del CCR YCR 5000	136
Tabla 4.39: Características de los transformadores de aislamiento	138
Tabla 4.40: Conexiones de los conectores del sistema de control y monitoreo	150
Tabla 4.41: Requerimiento de potencia para los sistemas de iluminación	155
Tabla 4.42: Componentes principales del sistema PAPI	156
Tabla 4.43: Equipo y Herramientas	157
Tabla 4.44: Software	157
Tabla 4.45: Mano de obra directa	158
Tabla 4.46: Componentes principales del sistema PAPI – Precio Unitario	159
Tabla 4.47: Equipo y Herramientas – Precio Unitario	160
Tabla 4.48: Software – Precio Unitario	160
Tabla 4.49: Mano de obra directa - Precio Unitario	161
Tabla 4.50: Componentes principales del sistema PAPI – Suma Parcial	162
Tabla 4.51: Equipo y Herramientas – Suma Parcial	163
Tabla 4.52: Software – Suma Parcial	163
Tabla 4.53: Mano de obra directa – Suma Parcial	164
Tabla 4.54: Presupuesto General	165

Tabla 4.55: Descripción de valores económicos anuales pretendidos	166
Tabla 4.56: Descripción del cálculo del VAN	167
Tabla 4.57: Descripción del cálculo de la TIR	168
Tabla 4.58: Descripción del cálculo de la PRC	169
Tabla 4.59: Grado de severidad de las consecuencias	174
Tabla 4.60: Frecuencia de exposición	174
Tabla 4.61: Escala de probabilidad	175
Tabla 4.62: Clasificación y criterios de actuación sobre el riesgo	175
Tabla 4.63: Seguridad antes del Diseño de las Ayudas Visuales	177
Tabla 4.64: Seguridad con el Diseño de las Ayudas Visuales	178
Tabla 4.65: Seguridad antes del Sistema PAPI	179
Tabla 4.66: Seguridad con el Sistema PAPI	180
Tabla 4.67: Evaluación de riesgos y seguridad	181
Tabla 4.68: Presupuesto de las medidas correctoras	221
Tabla 4.69: Sistema de mantenimiento para los circuitos de pista	225
Tabla 4.70: RCC corriente de circuitos	228
Tabla 4.71: Sistema de Mantenimiento para PAPI	231
Tabla 4.72: Solución de problemas graves PAPI L-880	234
Tabla 4.73: Solución de problemas básicos PAPI L.880	235

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINAS
Fig. 2.1: Clasificación de la pista de aterrizaje por visibilidad	9
Fig. 2.2: Designación de número de pista	10
Fig. 2.3: Margen de una pista de aeropuerto	12
Fig. 2.4: Franja de pista	12
Fig. 2.5: Medidas de la franja de pista	13
Fig. 2.6: Área de seguridad de extremo de pista	14
Fig. 2.7: Zona libre de obstáculos	14
Fig. 2.8: Zona de parada	14
Fig. 2.9: Partes físicas completas de la pista de aterrizaje	15
Fig. 2.10: Forma y proporciones de las señales designadoras de pista	20
Fig. 2.11: Señales de punto de visada y señal de zona de toma de contacto	21
Fig. 2.12: Funcionamiento de la Ayuda Visual iluminada	27
Fig. 2.13: Distintas fases de un aterrizaje	29
Fig. 2.14: Geometría de aproximación final (senda de descenso)	30
Fig. 2.15: Senda y ángulos de descenso en aproximación final	31
Fig. 2.16: Una pista tal como se percibe diferentes ángulos de descenso	31
Fig. 2.17: Alineación con el eje de la pista	32
Fig. 2.18: Interpretación del sistema VASIS	34

Fig. 2.19: Interpretación del sistema PAPI	34
Fig. 3.1: Población Año 2013	37
Fig. 3.2: Resultados sobre la existencia de un sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy	40
Fig. 3.3: Resultados sobre la operatividad y seguridad del aeropuerto	41
Fig. 3.4: Resultados sobre la influencia del sistema electrónico de luces PAPI	42
Fig. 3.5: Resultados sobre las competencias internacionales del sistema electrónico de luces e iluminación	43
Fig. 3.6: Resultados sobre la capacitación en estándares de la FAA y la OACI	44
Fig. 3.7: Resultados sobre las configuraciones para el sistema PAPI	45
Fig. 3.8: Resultados sobre los niveles de voltaje de una unidad PAPI estilo A	46
Fig. 3.9: Resultados sobre el valor de corriente de una unidad PAPI estilo B	47
Fig. 3.10: Resultados sobre las características Regulador de Corriente Constante	48
Fig. 3.11: Resultados sobre el valor de la potencia necesaria en los transformadores de aislamiento	49
Fig. 4.1: Arquitectura Ayudas Visuales Aeropuerto Jumandy	58
Fig. 4.2: Flota de diseño	59
Fig. 4.3: Rebanada de pavimento flexible	64
Fig. 4.4: Rebanada de pavimento rígido	64
Fig. 4.5: Arreglo simplificado del Aeropuerto Jumandy	66
Fig. 4.6: Calles de rodaje del Aeropuerto Jumandy	67
Fig. 4.7: Sistema de iluminación para la aproximación y navegación	73

Fig. 4.8: Sistema de iluminación en la pista	74
Fig. 4.9: Sistema de iluminación en las calles de rodaje	75
Fig. 4.10: Señales y cono de viento	76
Fig. 4.11: Sistema de potencia y distribución	77
Fig. 4.12: Circuito serie	79
Fig. 4.13: Panel de transformadores para CCR de contactor magnético	79
Fig. 4.14: Configuración de los transformadores con el gabinete de CCR's	80
Fig. 4.15: Corriente y voltaje en circuitos serie y paralelo	81
Fig. 4.16: Cálculos de alta tensión y baja tensión	81
Fig. 4.17: Instalación típica y bases universales	82
Fig. 4.18: Sistema de control y monitoreo computarizado	83
Fig. 4.19: Arquitectura general del Sistema Electrónico de Luces PAPI	84
Fig. 4.20: Arquitectura detallada del Sistema Electrónico de Luces PAPI	85
Fig. 4.21: Distribución de la intensidad luminosa del PAPI	96
Fig. 4.22: Sistema PAPI de cuatro unidades L-880	97
Fig. 4.23: Sistema PAPI de dos unidades L-881	98
Fig. 4.24: Superficie de franqueamiento de obstáculos	98
Fig. 4.25: Presentación de la señal de sistema PAPI de cuatro unidades L-880	99
Fig. 4.26: Presentación de la señal de sistema PAPI de dos unidades L-881	100
Fig. 4.27: Caja óptica de dos lámparas (vista lateral)	101
Fig. 4.28: Caja óptica de dos lámparas (vista inferior sin tapa)	101

Fig. 4.29: Operaciones Máster	103
Fig. 4.30: Operaciones Esclavo	103
Fig. 4.31: Dimensiones PAPI B-Vista Lateral	106
Fig. 4.32: Dimensiones PAPI B-Vista Posterior	107
Fig. 4.33: Instalación de la Unidad PAPI	108
Fig. 4.34: Placa base para el Nivel de burbuja	109
Fig. 4.35: Nivel de burbuja	109
Fig. 4.36: Emplazamiento del PAPI	110
Fig. 4.37: Reglaje angular del sistema PAPI con aeronave en aproximación	112
Fig. 4.38: Datos de levantamiento topográfico	117
Fig. 4.39: Montaje piernas de anclaje y unidad PAPI	122
Fig. 4.40: Comprobación de los ángulos de inclinación	131
Fig. 4.41: Regulador de Corriente Constante YCR 5000	132
Fig. 4.42: Sección de control	134
Fig. 4.43: Sección de alto voltaje	135
Fig. 4.44: Sección de bajo voltaje	135
Fig. 4.45: Diagrama de Bloque del Regulador de Corriente Constante	136
Fig. 4.46: Transformador de aislamiento con y sin conexión a tierra	137
Fig. 4.47: Conectores primarios	139
Fig. 4.48: Conectores secundarios	139
Fig. 4.49: Cable primario	140

Fig. 4.50: Cable secundario	141
Fig. 4.51: Esquema del sistema de control y monitoreo	142
Fig. 4.52: Tablero de control remoto	144
Fig. 4.53: Escritorio local de control	145
Fig. 4.54: Sistema de grabado	145
Fig. 4.55: Panel de interfaz y PLC	146
Fig. 4.56: Interfaces monitor y control de emergencias	147
Fig. 4.57: Módulo PLC	147
Fig. 4.58: Conectores Macho y Hembra	149
Fig. 4.59: Detalle del conector hembra del sistema de control/monitoreo	149

RESUMEN

El presente Trabajo de Graduación describe la implementación del Sistema Electrónico de Luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (Precision Approach Path Indicator P.A.P.I.) y el diseño de las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy; estamentos recomendados por organizaciones locales (DGAC) e internacionales (OACI y FAA); para la eficiente operatividad y seguridad de un aeródromo dedicado al servicio de la aviación civil, militar y comercial.

El sistema PAPI consta de cuatro unidades luminosas idénticas, que emiten luz roja por debajo de un determinado ángulo, y blanca por encima de él. La transición del rojo al blanco es de gran precisión, ya que no supera los 3 minutos de arco. Las cuatro unidades forman una única barra de ala situada a la izquierda de la pista, a la altura del punto de aterrizaje. Las ayudas visuales aeronáuticas en general, y en particular; las ayudas visuales luminosas, comprende las estrategias utilizadas para la guía de las aeronaves durante las operaciones de localización e identificación de los aeropuertos, de aproximación, aterrizaje y despegue en las pistas de vuelo; así como, la rodadura, el estacionamiento y atraque de los aviones en la plataforma o superficie destinada para ello.

El desarrollo estructural y la demanda de servicios aeroportuarios en la terminal aérea internacional Jumandy; conceden la finalidad efectiva, en respuesta a normas y estándares de calidad para el diseño de aeropuertos. El Sistema PAPI, más que una encomienda, es una obligación para aeródromos de categoría, configuración y condiciones ambientales semejantes al de la ciudad del Tena. El Sistema PAPI permite dar las indicaciones necesarias para situar el avión en el ángulo de aproximación ideal, esta ayuda visual resulta operativa tanto en el día como en la noche y puede ser utilizada por todos los aviones desde el momento de su instalación porque no precisa de ningún instrumento a bordo.

SUMMARY

This Work of Graduation describes the implementation of the Electronic System of Lights of Precision Approach Path Indicator (P.A.P.I) and the design of Visual Aids at the Jumandy Airport; recommended estates by local organizations (DGAC) and international (OACI and FAA); for the efficient operation and safety of an aerodrome dedicated to the service of civil, military and commercial aviation.

The PAPI system consists of four identical light units, which emit red light under a certain angle, and white above it. The transition from red to white is of great precision, as it does not exceed 3 minutes of arc. The four units form a single wing bar located to the left of the runway, at the height to the point of landing. The aeronautical visual aids in general, and particularly; the bright visual aids, comprising the strategies used to guide aircraft during operations of locating and identifying airports, approach, landing and takeoff on the runway; as well as, the rolling, parking and docking of the aircraft on the platform or surface designated for it.

The structural development and demand for airport services at the international air terminal Jumandy; granted effective purpose, in response to norms and standards of quality for airport design. The PAPI system, more than a parcel, is an obligation for aerodromes of category, configuration and environmental conditions similar to that of the city of Tena. The PAPI system allows give the necessary information to locate the plane in the ideal approach angle, this visual aid is operational both day and night and can be used by all aircraft from the time of installation, because it does not require any instrument aboard.

GLOSARIO

Aeródromo: Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

Área de movimiento: Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas.

Avión crítico: Aeronave de mayor envergadura que realiza la aproximación, aterrizaje y despegue en un aeródromo.

Azimut: Es el ángulo medido a partir del norte magnético en dirección a las manecillas del reloj.

Baliza: Objeto expuesto sobre el nivel del terreno para indicar un obstáculo o trazar un límite.

Calle de rodaje: Vía definida en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo.

Recorrido de despegue disponible (TORA): La longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que despegue.

Distancia de despegue disponible (TODA): La longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos, si la hubiera.

Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA): La longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada, si la hubiera.

Distancia de aterrizaje disponible (LDA): La longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

Elevación del aeródromo: Elevación del punto más alto del área de aterrizaje.

Elipsoide: Superficie curva cerrada cuyas tres secciones ortogonales principales es elíptica; es decir, son originadas por planos que contienen dos ejes cartesianos.

Fotometría: Ciencia que se encarga de la medida de la luz, como el brillo percibido por el ojo humano; es decir, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual.

Franja de calle de rodaje: Zona que incluye una calle de rodaje destinada a proteger a una aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se salga de ésta.

Franja de pista: Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista y proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

Geodésica: Línea de mínima longitud que une dos puntos en una superficie dada, y está contenida en esta superficie “espacios curvados”.

Geoide: Cuerpo de forma casi esférica aunque con un ligero achatamiento en los polos, definido por la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre; es la forma teórica del planeta Tierra.

Intensidad lumínica: Cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido, su unidad de medida es la candela (cd).

Intensidad eléctrica: Es la cantidad de electricidad o carga eléctrica que circula por un circuito en la unidad de tiempo.

Margen: Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

Número de clasificación de aeronaves (ACN): Cifra que indica el efecto relativo de una aeronave sobre un pavimento, para determinada categoría normalizada del terreno de fundación.

Número de clasificación de pavimentos (PCN): Cifra que indica la resistencia de un pavimento para utilizarlo sin restricciones.

Objeto frangible: Objeto de poca masa diseñado para quebrarse, deformarse o ceder al impacto, de manera que represente un peligro mínimo para las aeronaves.

Pista: Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

Pista de vuelo por instrumentos: Uno de los siguientes tipos de pista destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos.

Pista de vuelo visual: Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.

Plataforma: Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Puesto de estacionamiento de aeronave: Área designada en una plataforma, destinada al estacionamiento de una aeronave.

Punto de espera de la pista: Punto designado destinado a proteger una pista, una superficie limitadora de obstáculos o un área crítica o sensible para los sistemas ILS/MLS, en el que las aeronaves en rodaje y los vehículos se detendrán y se mantendrán a la espera, a menos que la torre de control de aeródromo autorice otra cosa.

Punto de referencia de aeródromo: Punto cuya situación geográfica designa al aeródromo.

Umbral: Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

Zona de toma de contacto: Parte de la pista, situada después del umbral, destinada a que los aviones que aterrizan hagan el primer contacto con la pista.

Zona libre de obstáculos: Área rectangular definida en el terreno o en el agua, designada o preparada como área adecuada sobre la cual un avión puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada.

ACRÓNIMOS

ACN: Aircraft Classification Number. Número de clasificación de aeronaves.

AGL: Above Ground Level. Sobre el nivel del suelo.

AMSL: Above Mean Sea Level. Sobre el nivel medio del mar.

ARP: Aerodrome Reference Point. Punto de referencia de aeródromo.

ATS: Air Traffic Service. Servicio de tránsito aéreo.

ATZ: Air Traffic Zone. Zona de tránsito aéreo.

CWY: Clearway. Zona libre de obstáculos.

DGAC: General Direction of Civil Aviation. Dirección General de Aviación Civil.

EPR: Ethylene-propylene. Etileno-propileno.

FAA: Federal Aviation Administration. Administración Federal de Aviación.

GPS: Global Positioning System. Sistema de navegación por satélite estadounidense.

HMI: Human Machine Interface. Interfaz Humano Máquina.

IFR: Instrumental Flight Rules. Reglas de vuelo instrumental.

ILS: Instrumental Landing System. Sistema de aproximación instrumental.

MEHT: Mean Eyes Height Threshold. Altura de los ojos del piloto sobre el umbral.

MLS: Microwave Landing System. Sistema de aproximación instrumental por microondas.

MSL: Mean Sea Level. Nivel Medio del Mar.

OACI/ICAO: International Civil Aviation Organization. Organización de Aviación Civil Internacional.

PAPI: Precision Approach Path Indicator. Indicador de Precision de Pendiente de Aproximación.

PCN: Pavement Classification Number. Número de clasificación de pavimentos.

PVC: Polyvinyl chloride. Policloruro de vinilo.

RCC/CCR: Constant Current Regulator. Regulador de Corriente Constante.

RESA: Safety Area and Runway End. Área de seguridad de extremo de pista.

RTV: Room Temperature Vulcanizing. Vulcanización a temperatura ambiente.

RVR: Runway Visual Range. Alcance visual en la pista.

SWY: Stop Way. Zona de parada.

TDZ: Touchdown Zone. Zona de toma de contacto.

TWR: Tower. Torre de Control.

UTC: Universal Time Coordinated. Tiempo Universal Coordinado.

VFR: Visual Flight Rules. Reglas de vuelo visual.

VLS: Visual Landing System. Sistema de aproximación visual.

VOR: VHF Omni directional Radio range. Radio faro Omnidireccional de VHF.

WGS-84: World Geodetic System 84. Sistema Geodésico Mundial 1984.

XLPE: Crosslinked polyethylene. Polietileno reticulado.

INTRODUCCIÓN

Toda actividad humana procedimental y de trascendencia, emplea el sentido de la vista como sensor para evaluar los cambios del entorno, especialmente en la navegación aérea. Epílogo que argumenta a la ayuda visual en el área aeronáutica; como todos los elementos que colaboran al sentido de la vista para que las operaciones aéreas sean más eficientes, placenteras y seguras. La seguridad en las operaciones y el tráfico aéreo de los aeropuertos es un precepto que no admite errores, más aún, si las condiciones meteorológicas o atmosféricas limitan la visibilidad.

El tema que desarrolla este escrito científico, parte de la necesidad de mejorar las condiciones de seguridad y operatividad del Aeropuerto Jumandy, de la ciudad del Tena; mismo que en los últimos años promulga un crecimiento estructural, exitoso. El Estado Ecuatoriano ha invertido en la evolución de esta terminal aérea al saber de su importancia para transporte de carga, y el incremento del transporte de pasajeros; esto obliga al aeródromo, a un crecimiento técnico factible.

La implementación de un Sistema Electrónico de Luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI, por sus siglas en inglés: Precision Approach Path Indicator), es una propuesta técnica importantísima para el progreso aeronáutico del Aeropuerto Jumandy; su seguridad y operatividad. Agregado el diseño y características principales de las ayudas visuales iluminadas, la descripción del sistema de luces que se instalan en pistas de aproximación instrumental de precisión, las partes principales, configuraciones y normativas emitidas por la OACI, FAA y DGAC, también incluidas para proporcionar una clara información respecto a este tema imperante dentro de la aviación. Argumentos que motiva al autor a la consecución eficaz de este trabajo de investigación.

El desarrollo de este proyecto de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones se sustenta en una investigación de campo y una investigación documental bibliográfica. Está enfocado de manera cualitativa y cuantitativa; aplicado a una población por medio de entrevistas y la pertinente observación; a su vez, proporciona un aporte valioso a los pilotos, pasajeros, infraestructura, aeronaves y grupo humano que trabaja en el

Aeropuerto Jumandy. Por esta razón, la implementación del sistema electrónico de luces PAPI y el diseño de las Ayudas Visuales para esta terminal aérea, es un Trabajo de Graduación que refrenda la tarea de la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en beneficio de la sociedad y la educación superior.

Para constituir en forma general el contenido de esta tesis; se encuentra comprendida en cuatro capítulos:

En el CAPÍTULO I se argumenta el Problema; el tema, el planteamiento del problema, la delimitación, la justificación y los objetivos de la investigación.

En el CAPÍTULO II se diverge acerca del Marco Teórico, los antecedentes investigativos, la fundamentación teórica y la propuesta solución.

En el CAPÍTULO III se expone la Metodología utilizada en el trabajo de investigación, su modalidad, la población y muestra, los métodos y técnicas para la recolección de información, el procesamiento y análisis de datos; para en última instancia, concebir el desarrollo del proyecto y el análisis de resultados de la entrevista aplicada al Personal Administrativo y de Operaciones.

En el CAPÍTULO IV se presenta el Desarrollo de la Propuesta, los datos informativos, antecedentes de la propuesta, la justificación, los objetivos, el análisis de factibilidad, la fundamentación científico-técnica, recomendaciones de seguridad, contextos científicos, configuraciones, conexiones, diagramas, planos y procedimientos fehacientes para la instalación del Sistema Electrónico de Luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación.

Finalmente en el CAPÍTULO V se redactan las Conclusiones y Recomendaciones; además la Bibliografía, los Anexos y Apéndices.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

“SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES INDICADORAS DE PRECISIÓN DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN (PAPI) PARA LA OPERATIVIDAD DEL AEROPUERTO JUMANDY DE LA CIUDAD DEL TENA”.

1.2. Planteamiento del Problema

El crecimiento de aeropuertos en todo el mundo con estándares internacionales y la inventiva tecnológica de aeronaves de gran tamaño, han llevado al uso del avión como un medio de transporte cotidiano, uniendo países y continentes en el comercio y el turismo.

Actualmente se observa aeropuertos operando durante los 365 días del año, prolongados en 24 horas de utilidad. Más funcionalidad y mejor infraestructura aeroportuaria, significa: incremento en el número de pasajeros, cantidad de carga, número de aeronaves, pilotos o personal de aeropuerto; principalmente aeródromos instalados con un eficiente sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I.), satisfaciendo su operatividad y ayuda visual para los vuelos nocturnos.

La existencia de entidades veedoras y reguladoras del óptimo funcionamiento de aeropuertos, como la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo) y FAA (Administración de Aviación Federal); establecen un lineamiento en el diseño y construcción de aeródromos de

calidad, con tecnología de vanguardia. Proponen al sistema electrónico de luces PAPI como requisito de gran importancia, si la terminal aérea deseara operar continuamente en el día y la noche o en condiciones ambientales adversas, como suele suceder en la ciudad del Tena.

El problema principal radica en que no hay una estructura tecnológica robusta y moderna para las ayudas visuales de la mayoría de aeródromos construidos en el Ecuador; en especial de terminales aéreas que están en vías de desarrollo como el Aeropuerto Jumandy, de la provincia de Napo; condición que lo limita a una escasa operatividad, rezagándolo de ser un verdadero aeropuerto internacional.

La problemática tecnológica en el ámbito electrónico existente en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena, es la deficiencia en: sistema de guía y control del movimiento en la superficie, guía visual para estacionamiento y atraque, iluminación de la plataforma, señales y luces de obstáculos, luces de eje de pista, sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación, etc.

Debido a las razones escritas en el párrafo anterior, se decidió cambiar esta imagen del Aeropuerto Jumandy, con el propósito de cumplir el anhelo de ser una terminal aérea internacional, ecológica, más operativa, eficientemente más segura y con tecnología de punta aplicada exitosamente en otros países. También para motivar las propuestas que el aeródromo tiene: la creación de la Universidad del Aire, potenciar las Escuelas de Pilotaje o el desarrollo de los agro exportadores (café, cacao, papa china, yuca, madera, flores tropicales, etc.) y que la provincia de Napo lo necesita.

A pesar de que el diseño e instalación eficaz de un sistema electrónico de luces indicadoras de precisión de pendiente de aproximación en un aeropuerto, constituyen un prerrequisito indispensable para la seguridad y la regularidad operativa de la aviación civil; el Aeropuerto Jumandy incurre en estos parámetros que funcionalmente debería tener al ser un aeropuerto de categoría II. Falta de presupuesto, poca investigación o actualización de conocimientos en construcción de aeródromos, capacitación nula en estándares o normas internacionales, negligencia profesional u otros aspectos; pueden ser los causantes de este problema en el Aeropuerto Jumandy.

1.3. Delimitación

Este apartado del Trabajo de Graduación describe la delimitación de contenido, espacial y temporal

1.3.1 Delimitación de Contenido

Línea de investigación: Sistemas Electrónicos.

Sublíneas de investigación: Sistemas Embebidos.

Área académica: Física y Electrónica.

1.3.2 Delimitación Espacial

El proyecto de investigación se realizará en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena, sector Zancudo, parroquia Ahuano.

1.3.3 Delimitación Temporal

La presente investigación se la llevará a cabo a partir de la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. Justificación

La categoría tecnológica denominada sistema electrónico de luces PAPI (Indicador de Precisión de Pendiente de Aproximación) en aeropuertos desde su invención; ha evolucionado hasta la automatización de dispositivos que manipulan eficazmente la ayuda visual para el aterrizaje de un aeroplano en la pista de un aeródromo. Permite al piloto desempeñarse en condiciones de poca visibilidad o en la noche, maniobrar en el circuito de tráfico aéreo, o cumplir con un vuelo en situaciones ambientales contraproducentes.

El Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena al tener la ubicación primordial entre las provincias del oriente de mayor producción agrícola, industria petrolera, comercial o turística; debería tener condiciones internacionales, para sustentar las necesidades aeroportuarias de toda la provincia y con la misma importancia resguardar la seguridad

de toda la ciudadanía que allí circunda. Por lo que al mejorar la ayuda visual del modo en que actualmente se lleva a cabo en el Aeropuerto Jumandy, innegablemente justifican el desarrollo de este proyecto de investigación, ya que así este aeródromo podrá obtener mayor tráfico aéreo.

Los beneficiarios directos del proyecto de investigación son: El Aeropuerto Jumandy en servicios como el transporte de pasajeros, carga y valores; ambulancia aérea, rescate y emergencias; Defensa Nacional; vuelos utilizados para fumigación agrícola, vuelos recreativos y deportivos, etc. Empresas agro-exportadoras a nivel nacional e internacional, integrando los diversos sectores productivos (café, cacao, yuca, madera, etc.). Instituciones de investigación que utilizan avionetas para visitar grupos étnicos del sector amazónico (Kichwas y sus comunidades Napus Treck, Capirona, Cuyaloma, Machakuy yaku, Chuba urco, Galeras, Wasila, Runa wasi, etc.).

Otros principales beneficiados son: La industria petrolera; para el transporte de equipos, maquinaria y personal. El sector turístico; para la visita de lugares de la provincia del Napo como: Papallacta, Archidona, Parque Nacional Yasuní, las cuevas de Jumandy, Puerto Misahuallí, volcán Sumaco, volcán Reventador o volcán Sangay, cascada de San Rafael, etc. A su vez; los beneficiarios indirectos del proyecto de investigación, son las pequeñas y medianas empresas de esta provincia oriental del Ecuador.

La elaboración de este proyecto cuenta con el aval y la ayuda de profesionales expertos en el uso y desarrollo factible de esta tecnología. Las fuentes de información primaria y secundaria son cuantiosas y están accesibles al investigador para permitirle obtener criterios científicos de información relevante; con ello: analizar, desarrollar e implementar un sistema electrónico de luces PAPI eficiente, que mejore la operatividad y seguridad del Aeropuerto Jumandy. No hay duda, que esta investigación es de mucha envergadura; aporta una perspectiva moderna a la terminal aérea Jumandy, combinando la tecnología aeroportuaria para beneficio de la sociedad.

1.5. Objetivos

Este apartado del Trabajo de Graduación redacta el objetivo general y los objetivos específicos; parámetros sistemáticos que matizan el trabajo de investigación.

1.5.1 Objetivo General

- Implementar un sistema electrónico de luces PAPI (Indicador de Precisión de Pendiente de Aproximación) para la operatividad del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la ayuda visual de precisión para pendiente de aproximación en el Aeropuerto Jumandy.
- Analizar las tecnologías de visualización en aeropuertos bajo estándares internacionales.
- Diseñar el sistema electrónico de luces PAPI para el Aeropuerto Jumandy.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

De la indagación en repositorios de Universidades y Escuelas Politécnicas del Ecuador y del mundo; sobre proyectos de fin de carrera, trabajos de graduación o tesis con temas de estudio similares al sistema electrónico de luces PAPI (Precision Approach Path Indicator) para la operatividad de un Aeropuerto; no se encontró información semejante que pueda aportar referencias y que anteceda esta investigación.

2.2. Fundamentación Teórica

Este apartado del Trabajo de Graduación fundamenta de forma teórica el contenido científico para el desarrollo de la propuesta.

2.2.1 Características aeronáuticas de los aeropuertos

A continuación, se detalla brevemente información sobre el mundo aeroportuario, en el contexto de la implementación del sistema PAPI y el diseño de las Ayudas Visuales del Aeropuerto Jumandy:

Sistema de referencia común: Entre los principales sistemas de referencia, utilizados en el área aeroportuaria, se ubican los sistemas de referencia horizontal, vertical y temporal; empleados para enunciar características aeronáuticas de diferente índole:

- *Sistema de referencia horizontal:* El Sistema Geodésico Mundial-1984 (WGS-84), se utilizará como sistema de referencia (geodésica) horizontal. Las coordenadas geográficas aeronáuticas (que indiquen la latitud y la longitud) se expresarán en función de la referencia geodésica del WGS-84. [1]

- *Sistema de referencia vertical:* La referencia al nivel medio del mar (MSL) que proporciona la relación de las alturas (elevaciones) relacionadas con la gravedad respecto de una superficie conocida como geoide, se utilizará como sistema de referencia vertical. El geoide a nivel mundial se aproxima muy estrechamente al nivel medio del mar. Las alturas (elevaciones) relacionadas con la gravedad también se denominan alturas ortométricas y las distancias de un punto por encima del elipsoide se denominan alturas elipsoidales. [1]
- *Sistema de referencia temporal:* El calendario gregoriano y el tiempo universal coordinado (UTC) se utilizarán como sistema de referencia temporal. [1]

Clave de referencia: El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple para relacionar entre sí, las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en un aeródromo. La Tabla 2.1 muestra los elementos de la clave de referencia de aeródromo. [2]

Tabla 2.1: Elementos de la clave de referencia de aeródromo

Elementos 1 de la clave			Elementos 2 de la clave	
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1200 m hasta 1800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Fuente: Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por: Renato Falconí.

La clave está compuesta por dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión crítico. El elemento uno, es un número basado en la longitud del campo de referencia del avión y el elemento dos, es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal. [2]

Clasificación de los aeropuertos: Los aeropuertos se clasifican en categorías a las que a partir de ahora nos referiremos como CAT, según su RVR y su altura de decisión (DH):

- *El RVR (Runway Visual Range):* Es la distancia a la cual el piloto de la aeronave que se encuentra sobre el eje de pista, puede ver las señales de la superficie de la pista o las luces que delimitan o que señalan su eje. [2]
- *La Altura de Decisión (DH):* Es la altura a la que el piloto debe tomar la decisión de aterrizar. A esta altura ocurre la transición del uso de las ayudas radioeléctricas al uso exclusivo de las ayudas visuales. [2]

A continuación, en la Tabla 2.2, se puede observar cómo se clasifican los aeropuertos de acuerdo a los parámetros definidos anteriormente:

Tabla 2.2: Clasificación de los aeropuertos

Categoría	RVR (m) Mínimo	Altura de decisión (m) Mínimo
I	550	60
II	350	30 - 60
III A	200	0 - 30
III B	50 - 200	0 - 15
III C	0	0

Fuente: Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por: Renato Falconí

En base a la CAT de un aeropuerto, su pista de aterrizaje puede clasificarse de la siguiente manera:

- *Pistas de Vuelo Visual (VFR):* Visibilidad mayor a 5 Km. [2]
- *Pistas de Vuelo por Instrumentos (IFR):* Visibilidad menor a 5 Km. Este tipo de pistas se sub clasifica en:

- **Aproximación de No-Precisión:** Visibilidad de 800 m a 5 Km. [2]
- **Aproximación de Precisión:** Visibilidad de hasta 800 m. [2]

La Fig. 2.1 detalla la CAT de un aeropuerto y la clasificación de su pista de aterrizaje:

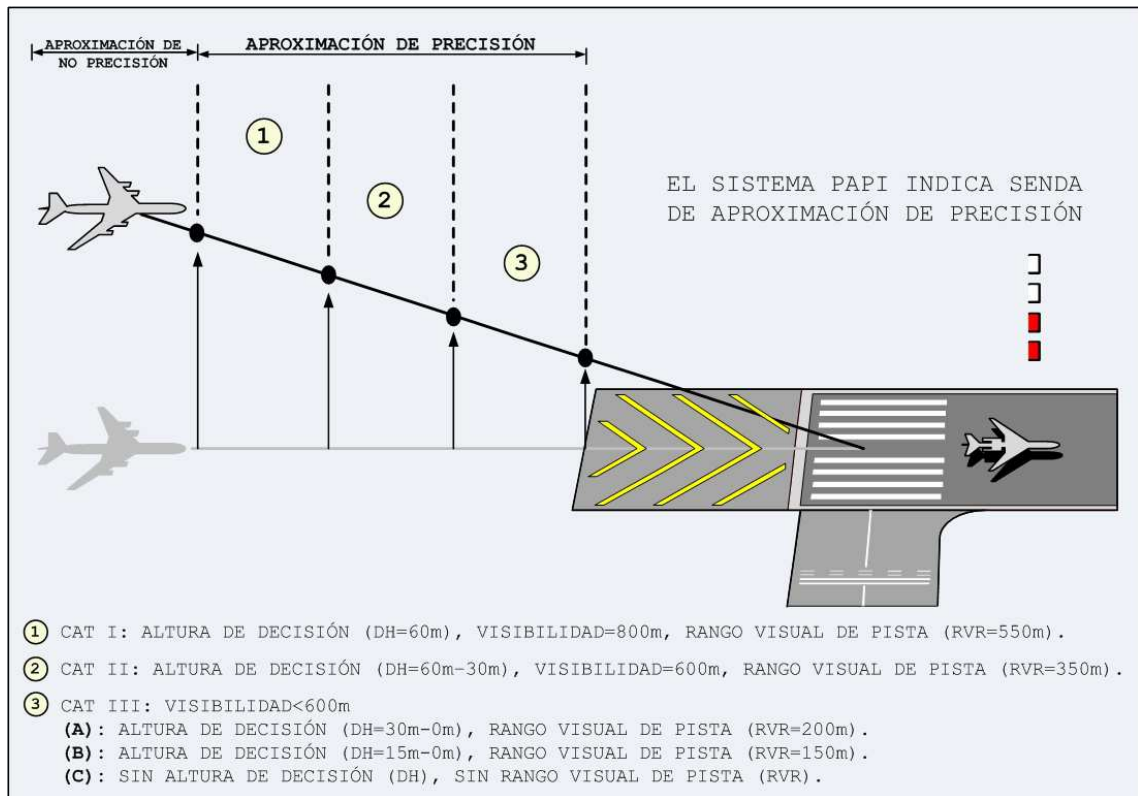


Fig. 2.1: Clasificación de la pista de aterrizaje por visibilidad.

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2].

NOTA: Existe tres tipos de categorías (I, II, y III) y subcategorías (A, B y C), siendo la categoría I la mejor de las categorías y la III C la peor de todas ellas. Para el caso del Aeropuerto Jumandy, está dentro de una CAT II, con una pista de Vuelo por Instrumentos (IFR) y Aproximación de Precisión; un RVR mínimo de 350 metros y una DH de entre 30 y 60 metros.

Temperatura de referencia del aeródromo: Para cada aeródromo se determinará la temperatura de referencia en grados Celsius. La temperatura de referencia del aeródromo debería ser la media mensual de las temperaturas máximas diarias correspondiente al mes más caluroso del año (siendo el mes más caluroso aquél que tiene la temperatura media mensual más alta). [2]

2.2.2 Características técnicas de la pista de un aeropuerto

Este apartado del Trabajo de Graduación detalla los aspectos técnicos que denotan la factibilidad operativa de la pista de un aeropuerto.

Designadores de número de pista: Las pistas de un aeropuerto están denominadas por dos números, uno para cada una de las dos direcciones y eventualmente una letra. Esto permite que los pilotos puedan identificar fácilmente la pista y el lado de ésta que deben utilizar para sus aproximaciones o para sus despegues. El número indica la dirección en grados (redondeando a la decena más cercana y recortando en el último dígito) con respecto al norte magnético a la que se encuentra la pista (en una cabecera) y respectivamente la cabecera opuesta, estará denominada con el ángulo suplementario (sentido contrario, es decir, 180° de diferencia). La Fig. 2.2 muestra un ejemplo de los números designadores de pista. [2]

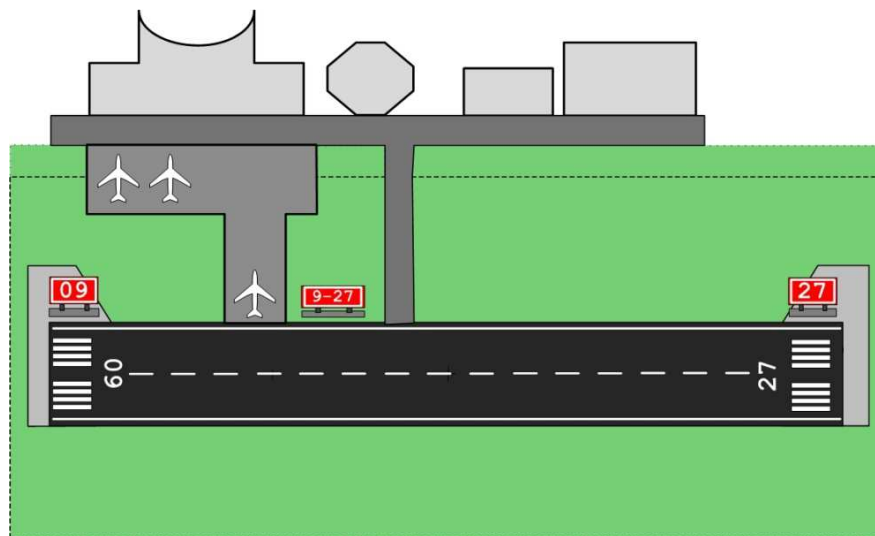


Fig. 2.2: Designación del número de pista.

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

La letra hace referencia a la posición de la pista con respecto hacia las demás que mantengan un mismo sentido. Existen 3 letras:

- L (Left): Izquierda. [2]
- R (Right): Derecha. [2]
- C (Center): Central. [2]

En el caso de que existan más de tres pistas paralelas, la W se aplica a la que esté a la izquierda de la L. De igual manera, si un aeropuerto no tiene pistas paralelas, basta con poner sólo la numeración, sin añadir ninguna letra. [2]

NOTA: La pista del Aeropuerto Jumandy tiene la denominación 09 – 27 sin necesidad de recurrir a ninguna letra al ser una única pista.

Distancias declaradas: Para obtener las distancias declaradas, en la aproximación, aterrizaje o despegue de aeronaves en el Aeropuerto Jumandy; es imprescindible, reconocer estos valores:

- *Recorrido de despegue disponible (TORA):* La longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que despegue. [2]
- *Distancia de despegue disponible (TODA):* La longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos, si la hubiera. [2]
- *Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA):* La longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada, si la hubiera. [2]
- *Distancia de aterrizaje disponible (LDA):* La longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice. [2]

Anchura de pista: La anchura de la pista no debe ser menor de la dimensión apropiada especificada en la Tabla 2.3. [2]

Tabla 2.3: Anchura de pista en función de la clave de referencia del aeródromo

Núm. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	--	--	--
2 ^a	23 m	23 m	30 m	--	--	--
3	30 m	30 m	30 m	45 m	--	--
4	--	--	45 m	45 m	45 m	60 m
a. La anchura de toda pista de aproximación de precisión no debería ser menor de 30 m, cuando el número de clave sea 1 ó 2.						

Fuente: Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por: Renato Falconí

Por tanto, y atendiendo a la clave de referencia del Aeropuerto Jumandy (4D), se determina que la anchura de la pista es de 45 m. Por tal razón, el aeródromo está vigente a la recomendación de la OACI, FAA y la DGAC.

Margen de pista: Los márgenes son bandas de terreno preparado o construido que bordean la pista de tal manera que sirven como transición hasta la franja no pavimentada. Además contribuyen a la prevención de erosión del suelo causada por el chorro de reactor y mitigan los daños de los reactores producidos por objetos extraños. Los márgenes de pista pueden ser empleados para el tránsito de los equipos de mantenimiento y de emergencia. La Fig. 2.3 representa el margen de pista. [2]

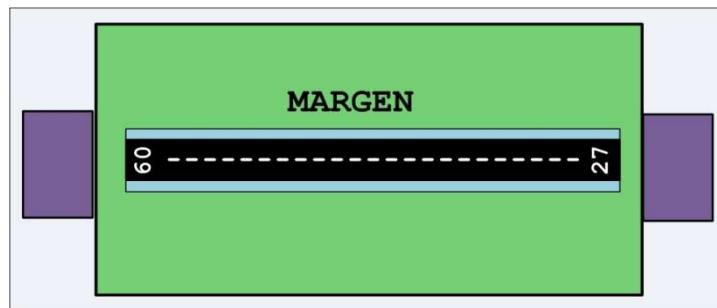


Fig. 2.3: Margen de una pista de aeropuerto.
Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

Franja de pista: La franja de pista es una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese. Su función principal es reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista y proteger a las aeronaves que sobrevuelan durante las operaciones de despegue y aterrizaje. La franja incluye una porción nivelada que debe prepararse de forma tal que no cause el desplome del tren de aterrizaje, al salirse la aeronave de la pista. La Fig. 2.4 muestra la franja de pista. [2]

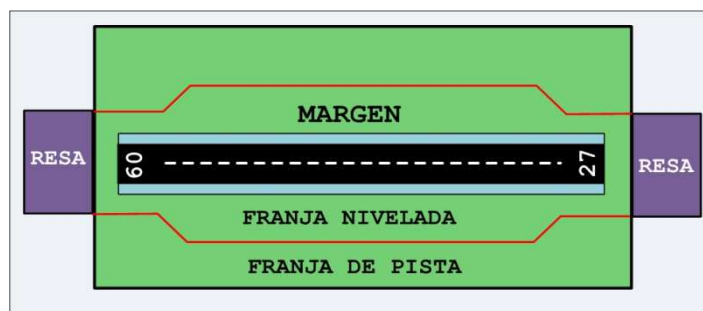


Fig. 2.4: Franja de pista.
Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

- *Longitud de la franja de pista:* Toda franja se extenderá antes del umbral y más allá del extremo de pista una distancia de por lo menos:
 - 60 m cuando el número de clave sea 2, 3 o 4. [2]
 - 60 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos. [2]
 - 30 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo visual. [2]
- *Ancho de la franja de pista:* Toda franja que comprenda una pista para aproximación de precisión se extenderá lateralmente a cada lado del eje de pista y de su prolongación a lo largo de la franja hasta una distancia de por lo menos:
 - 150 m cuando el número de clave sea 3 o 4. [2]
 - 75 m cuando el número de clave sea 1 o 2. [2]

La Fig. 2.5 representa las medidas de la franja de pista.

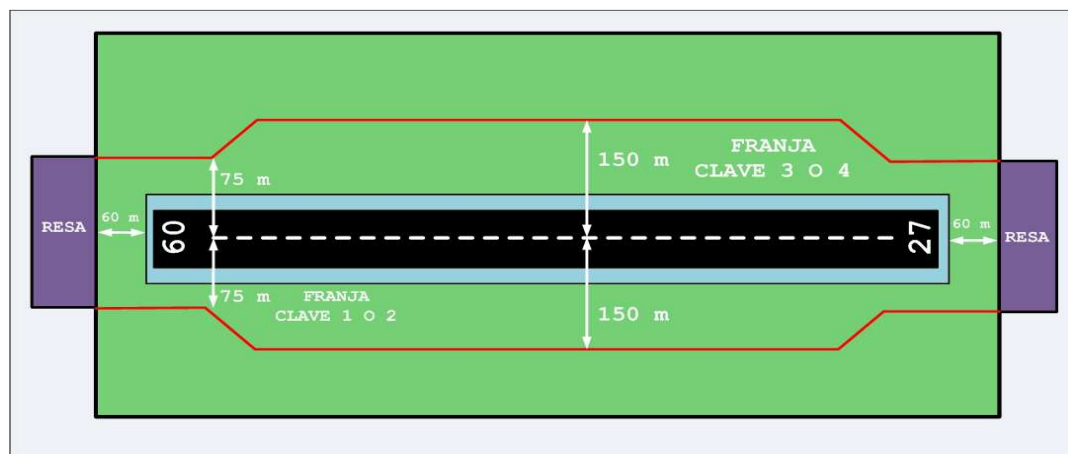


Fig. 2.5: Medidas de la franja de pista.

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

Áreas de seguridad de extremo de pista (RESA): El área de seguridad está presente en los extremos de las pistas de aterrizaje con la finalidad de minimizar los daños que puedan sufrir los aviones al realizar aterrizajes o despegues demasiado cortos o largos. El ancho de la RESA debe ser por lo menos el doble del ancho de la pista correspondiente. [2]

Zonas libres de obstáculo (CWY): La zona libre de obstáculos es un espacio aéreo adecuado sobre el cual un avión puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada. Debería estar en el extremo del recorrido de despegue disponible y su longitud no debería exceder de la mitad de este recorrido. [2]

La Fig. 2.6 representa el área de seguridad de extremo de pista, y la Fig. 2.7 muestra la zona libre de obstáculos.

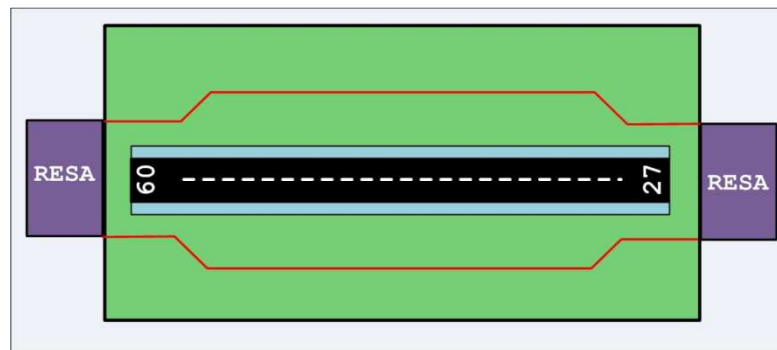


Fig. 2.6: Área de seguridad de extremo de pista.
Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

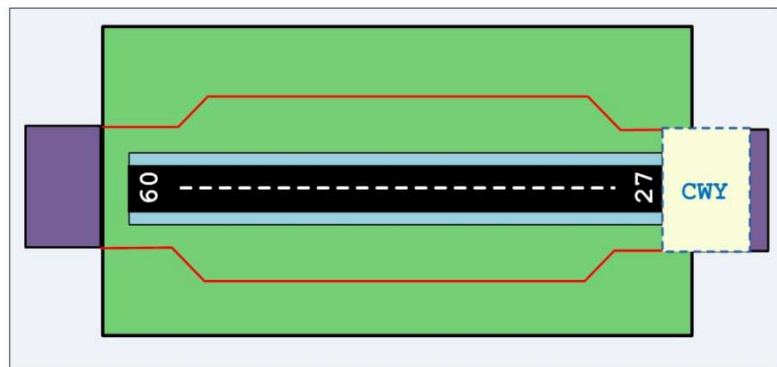


Fig. 2.7: Zona libre de obstáculos.
Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

Zonas de parada (SWY = STOPWAY): Es el área situada a continuación de la pista de despegue como se muestra en la Fig. 2.8 y se emplea en el caso que, un avión requiera desacelerar su velocidad al abortar un despegue. [2]

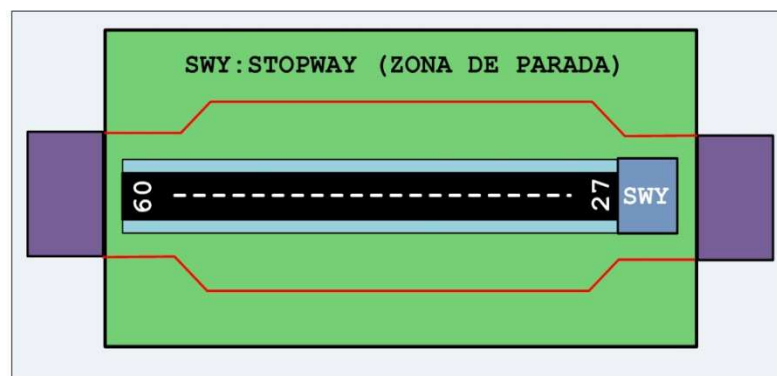


Fig. 2.8: Zona de parada.
Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

Umbral: Es el comienzo de la pista utilizable para el aterrizaje. Si un objeto sobresale por encima de la zona libre de obstáculos y no puede eliminarse, podría ser conveniente desplazar permanentemente el umbral. En la Fig. 2.9 se puede observar todos los elementos, expuestos anteriormente, que comprende una pista de aterrizaje. [2]

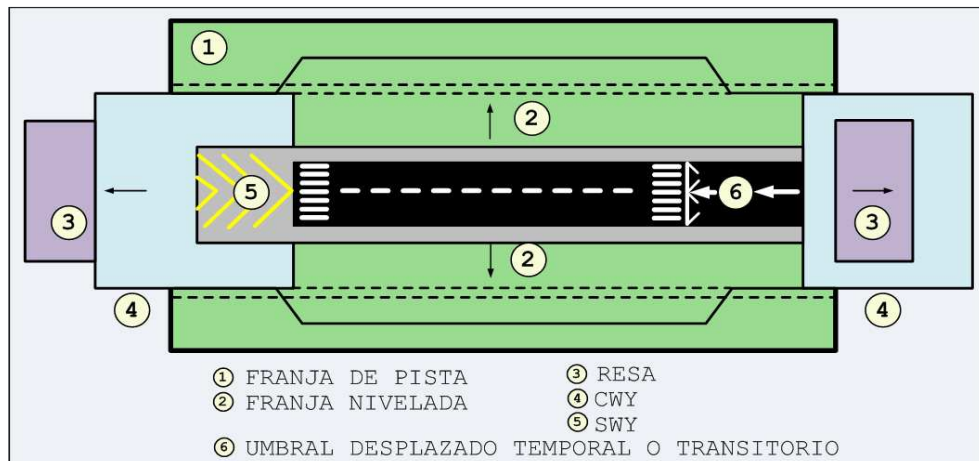


Fig. 2.9: Partes físicas completas de la pista de aterrizaje.
Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2]. Aeropuerto Jumandy.

Resistencia de los pavimentos: La resistencia característica de los pavimentos flexible y rígido presentes en el campo de vuelos del Aeropuerto Jumandy, está caracterizado mediante el número de clasificación de pavimentos PCN, a fin de indicar que una aeronave con un número de clasificación de aeronaves ACN igual o inferior al PCN que puede operar sobre el pavimento (OACI, Anexo 14 – Aeródromos). La metodología seguida para la determinación del PCN de los pavimentos está propuesta por la FAA (circular de asesoramiento AC 150/5320-6D). [2]

Pavimento flexible: La característica fundamental del pavimento flexible es su capacidad de flexionarse ante cargas dinámicas e impactos de elevada intensidad, y de recuperarse total o parcialmente al cesar estas. Típicamente consta de varias capas de material; cada capa recibe las cargas de la capa superior, transmitiendo así el esfuerzo recibido hacia la capa inferior, por lo que la última capa es la que recibe menor carga, y por tanto, la que requiere menor capacidad de carga. [2]

Pavimento rígido: Los pavimentos rígidos son aquellos basados en el hormigón de alta rigidez y módulo elástico, aunque poca capacidad de flexión, encargado de recibir la carga y transmitirla al terreno de manera uniforme. [2]

2.2.3 Calles de rodaje

Las calles de rodaje conectan las pistas de aterrizaje con los puestos de estacionamiento y sirven para el traslado de las aeronaves, utilizando su propulsión propia o mediante tracción ajena. [2]

Calles de rodaje de entrada y salida: Las calles de rodaje sirven a una determinada pista y su función es que las aeronaves salgan de éstas, tan pronto aterricen o ingresen antes de despegar. Si la calle de rodaje de salida se une a la pista por un ángulo agudo y está diseñada de modo que permite a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje, entonces se le denominará calles de salida rápida. [2]

NOTA: El Aeropuerto Jumandy posee solo una calle de rodaje, de entrada y salida. Y una calle exclusiva para la circulación de vehículos hacia la pista de aterrizaje.

Anchura de las calles de rodaje: Una calle para rodadura deberá tener una anchura no inferior a la indicada en la Tabla 2.4. [2]

Tabla 2.4: Anchura de la calle de rodaje

Letra de clave	Anchura de la calle de rodaje
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m; 18 m si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.
D	18 m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 9 m; 23 m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas, exteriores del tren de aterrizaje principal, sea igual o superior a 9 m.
E	23 m
F	25 m

Fuente: Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por: Renato Falconí

Margen de las calles de rodaje: Es necesario que exista una zona adyacente a los bordes de las calles de rodaje que sirvan de transición entre el pavimento estructural y el

terreno natural. Sus funciones principales son: proporcionar una superficie para el paso ocasional de las ruedas de las aeronaves, soportar la carga de las ruedas del vehículo más pesado de emergencia del aeropuerto, prevenir la erosión del área adyacente a la calle de rodaje y prevenir que los motores de reacción que sobresalen del pavimento estructural no ingieran piedras u otros objetos que puedan producir daños. [2]

Franja de las calles de rodaje: Es una zona que abarca una calle de rodaje y su margen. Su función es proteger a una aeronave que esté operando en ella y reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se salga de la calle de rodaje. [2]

2.2.4 Plataforma

Para la OACI, las plataformas son superficies intermedias entre el área de maniobra y la zona de edificios. Su fin es permitir el atraque de las aeronaves mientras se llevan a cabo las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros o mercancías, así como otras operaciones de atención a la aeronave como abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. Es recomendable que la plataforma sea lo suficientemente amplia para facilitar el movimiento rápido del tránsito de las aeronaves debido a que, de esta zona parten los aviones para despegar y además, es a donde llegan después de su aterrizaje. [2]

2.2.5 Espacio aéreo ATS

El espacio aéreo ATS, es el espacio en el que se facilita el servicio de tránsito aéreo. [3]

Clasificación del espacio aéreo ATS: Los espacios aéreos ATS se clasifican y designan de conformidad a la siguiente información:

- *Clase A:* Solo se permiten vuelos IFR, todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo, y separados entre sí. [3]
- *Clase B:* Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo, y separados entre sí. [3]
- *Clase C:* Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo y los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y

de los vuelos VFR. Los vuelos VFR están separados de los vuelos IFR y reciben información de tránsito con respecto a otros vuelos VFR. [3]

- *Clase D:* Se permiten vuelos IFR y VFR y todos los vuelos están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo, los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y reciben información de tránsito con respecto a los vuelos VFR, los vuelos VFR reciben información de tránsito con respecto a todos los demás vuelos. [3]
- *Clase E:* Se permiten los vuelos IFR y VFR, los vuelos IFR están sometidos al servicio de control de tránsito aéreo, y separados de otros vuelos IFR. Todos los vuelos reciben información de tránsito en la medida posible. [3]
- *Clase F:* Se permiten los vuelos IFR y VFR, todos los vuelos IFR participantes reciben un servicio de asesoramiento de tránsito aéreo y todos los vuelos reciben servicio de información de vuelos si lo solicitan. [3]
- *Clase G:* Se permiten los vuelos IFR y VFR y reciben servicio de información de vuelo si lo solicitan. [3]

2.2.6 Condiciones meteorológicas visuales y altitudes mínimas de vuelo

A parte de la clasificación del espacio aéreo ATS, es importante reconocer las condiciones meteorológicas visuales y las altitudes mínimas de vuelo:

Condiciones Meteorológicas Visuales: Los vuelos VFR no despegarán ni aterrizarán en ningún aeródromo dentro de una zona de control, ni entrarán en la zona de tránsito del aeródromo o en circuito de tránsito de dicho aeropuerto:

- a) Si el techo de nubes es inferior a 450 m (1.500 ft). [3]
- b) Si la visibilidad horizontal en tierra es menor de 5 Km. [3]

Altitudes Mínimas de Vuelo: Excepto cuando sea necesario para el despegue o el aterrizaje, los vuelos VFR no se efectuarán:

- a) A una altura menor de 150 m (500 ft) AGL o AMSL. [3]
- b) Sobre aglomeraciones de edificios en ciudades o lugares habitados o sobre una aglomeración de personas al aire libre a una altura menor de 300 m (1.000ft) sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 600 m desde la aeronave. [3]

2.2.7 Ayudas radioeléctricas para la navegación aérea

Área crítica ILS: El área crítica ILS es un área de dimensiones definidas que rodea a las antenas del localizador y de la trayectoria de planeo en la cual se excluirá la entrada y circulación de vehículos y aeronaves durante las operaciones ILS. [3]

Área sensible ILS: El área sensible ILS es un área que se extiende más allá del área crítica en la cual se controlará el movimiento de vehículos y aeronaves, a fin de que con su volumen no provoquen interferencia aun cuando no se encuentren dentro del área crítica. [3]

2.2.8 Ayuda Visual

Ayuda Visual en la Navegación Aérea, son todos los elementos que colaboran al sentido de la vista para que las operaciones aéreas sean más eficientes, placenteras y seguras. Existen las ayudas visuales iluminadas y no iluminadas, las primeras son referidas a todas las luces que se instalan en los aeropuertos y las segundas se refieren a las marcas que se realizan dentro del área de maniobras. [4]

Ayudas visuales no iluminadas para la navegación aérea: Entre las principales ayudas visuales no iluminadas, se ubican los indicadores y las señales:

- ***Indicadores:*** La pista del Aeropuerto Jumandy posee un indicador de la dirección del viento, de tal manera que es visible desde las aeronaves en vuelo y desde el área de movimientos; de modo que no sufran los efectos de perturbaciones del aire producidos por objetos cercanos. [4]
- ***Señales:*** Las señales de pista son blancas y están pintadas mediante una pintura adecuada, que no sufra desgaste con el frenado de las aeronaves. Las señales de calle de rodaje y las señales del puesto de estacionamiento aislado para aeronaves son de color amarillo. [4]
 - ***Señal designadora de pista:*** Se dispone de una señal designadora de pista en cada umbral de la pista. Cada una de estas señales designadoras de pista consiste en un número de dos cifras acompañado de una letra. Este número de dos cifras es el entero más próximo a la décima parte del azimut magnético, visto en la dirección

de aproximación. Cada una de las cifras y las letras tiene las dimensiones especificadas en la Fig. 2.10. [4]

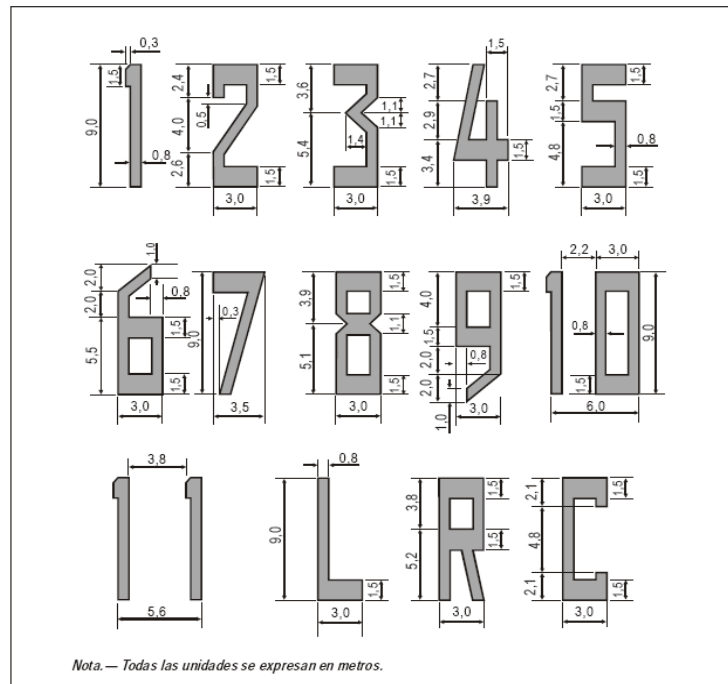


Fig. 2.10: Forma y proporciones de las señales designadoras de pista
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

- *Señal de eje de pista:* Se dispondrá una señal de eje de pista en una pista pavimentada. Las señales de eje de pista se dispondrán a lo largo del eje de la pista entre las señales designadores de pista. [4]
- *Señal de umbral:* Se dispondrá de una señal de umbral en las pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos y en las pistas pavimentadas de vuelo visual cuyo número de clave sea 3 ó 4 y estén destinadas al transporte aéreo comercial internacional. [4]
- *Señal de punto de visada:* Se proporcionará una señal de punto de visada en cada extremo de aproximación de las pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos cuyo número de clave sea 2, 3 ó 4. [4]
- *Señal de zona de toma de contacto:* Se dispondrá de una señal de zona de toma de contacto, en la zona de toma de contacto de la pista pavimentada para aproximaciones de precisión con número de clave 2, 3 ó 4. La señal de zona de toma de contacto está ajustada a una configuración de distancia, tal y como se muestra en la Fig. 2.11. [4]

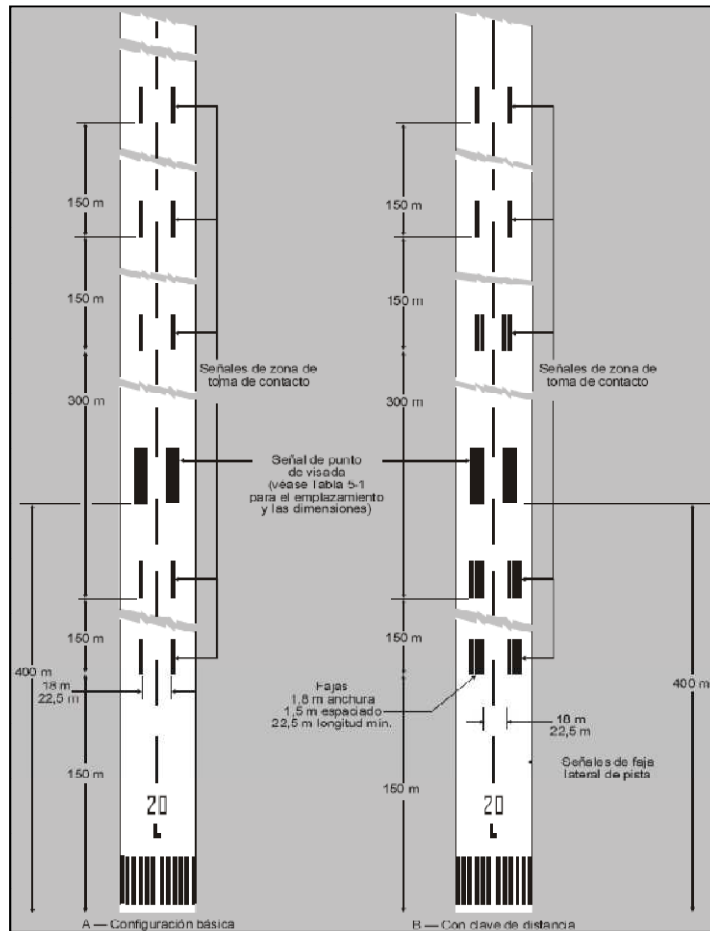


Fig. 2.11: Señales de punto de visada y señal de zona de toma de contacto
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

- *Señal de faja lateral de pista:* Se dispondrá una señal de faja lateral de pista entre los umbrales de una pista pavimentada cuando no haya contraste entre los bordes de la pista y los márgenes o el terreno circundante. [4]
- *Señal de eje de calle de rodaje:* Se dispondrá una señal de eje de calle de rodaje en todas las calles de rodaje, de manera que suministre guía continua entre el eje de la pista, la plataforma o el puesto de estacionamiento aislado. [4]
- *Señal de faja lateral de calle de rodaje:* A fin de diferenciar el borde de la calle de rodaje del margen de la calle de rodaje, se dispone de una señal de faja lateral de calle de rodaje. [4]
- *Señal de faja transversal de calle de rodaje:* Se dispone de una señal de faja transversal de calle de rodaje en los márgenes de calles de rodaje con la finalidad de diferenciar la señal de eje de calle de rodaje con la señal de faja lateral de calle de rodaje. [4]

- *Señales de seguridad:* Las siguientes señales enmarcan la protección y seguridad de los pilotos, personal y aeronaves que circundan el Aeropuerto Jumandy.
 - *Señal de barra de parada:* Se dispone de una señal de barra de parada en el puesto de estacionamiento aislado de aeronaves para permitir el estacionamiento de la aeronave de manera autónoma. [4]
 - *Señales de información:* Se diferencia entre dos clases de señales de información, según indiquen:
 - *Emplazamiento:* Señal con la inscripción en amarillo con fondo negro. [4]
 - *Dirección:* Señal con la inscripción en negro con fondo amarillo. [4]

Ayudas visuales iluminadas para la navegación aérea: Entre los objetivos principales de las ayudas visuales de iluminación, como guía para el piloto está: Aterrizar, despegar e identificar la ubicación del aeropuerto. Salir o arribar a la plataforma. Y la aproximación y aeronavegación. [4]

Sistema de iluminación para la aproximación y navegación:

La Tabla 2.5 muestra los sistemas de iluminación para la aproximación y navegación:

Tabla 2.5: Sistema de iluminación para la aproximación y navegación

Sistema de iluminación	Estándar FAA y OACI Anexo 14	Características
Faro de Aeródromo	FAA AC 150/5345-12; L-801 y L-802	Estará emplazado frecuentemente en la torre de control (TWR) o en una zona de baja iluminación de fondo. Dará ya sea destellos de color alternados con destellos blancos, o destellos blancos solamente. La frecuencia del total de destellos será de 20 a 30 por minuto. Cuando se usen destellos de color, serán verdes en los faros instalados en aeródromos terrestres y amarillos en los faros instalados en hidroaeródromos. La luz del faro se verá en todos los ángulos de azimut.
Luces de umbral de pista	FAA AC 150/5345-46B; L-850E	Unidad unidireccional de media intensidad que utiliza dos lámparas de 62W, tiene un haz recto y es de color verde.
Luces de fin de pista	FAA AC 150/5345-46; L-850D	Es una unidad bidireccional de media intensidad (utiliza una lámpara de 48W para el lado verde y una de 105W para el lado rojo).
Sistema PAPI	FAA AC 150/5345-28; L-880 y L-881	Proporciona al piloto una indicación visual positiva de la posición relativa de la Aeronave a la óptima trayectoria de descenso durante la aproximación final a la pista.

Fuente: Advisory Circular AC 150/5340-30. [5].

Elaborado por: Renato Falconí

NOTA: El sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI), se describe en el **Capítulo IV** de este documento científico.

Sistema de iluminación en la pista de aterrizaje:

La Tabla 2.6 muestra los sistemas de iluminación empleados en la pista de aterrizaje:

Tabla 2.6: Sistema de iluminación en la pista de aterrizaje

Sistema de iluminación	Estándar FAA y OACI Anexo 14	Características
Luces de eje de pista	FAA AC 150/5345-46; L-850A y L-850B	Es bidireccional típicamente clara/clara ó clara/roja con dos lámparas de 48W.
Luces de borde de pista	FAA AC 150/5345-46; L-862	Es bidireccional típicamente color claro/claro con dos lámparas de 45W.
Luces de toma de contacto	FAA AC 150/5345-46; L-850A y L-850B	Es una luz unidireccional clara, con una lámpara de 48W.

Fuente: Advisory Circular AC 150/5340-30. [5].

Elaborado por: Renato Falconí

Sistema de iluminación en las calles de rodaje:

La Tabla 2.7 muestra los sistemas de iluminación en las calles de rodaje:

Tabla 2.7: Sistema de iluminación en las calles de rodaje

Sistema de iluminación	Estándar FAA y OACI Anexo 14	Características
Luces de eje de rodaje	FAA AC 150/5345-46D; L-852A	Es una luz bidireccional ámbar o verde, con módulo LED de 12W.
Luces de borde de rodaje	FAA AC 150/5345-46; L-852T	Están diseñadas para circuitos de corriente constante a 6.6A a través de un transformador de aislamiento L-830. Son comúnmente balizas de color azul.
Barra de Parada	FAA AC 150/5345-46D; L-852S	Es utilizada para proteger la incursión a la pista y el control del tráfico en calles de rodaje justo antes de pistas activas. Es una luz roja unidireccional, con un módulo LED de 20W.

Fuente: Advisory Circular AC 150/5340-30. [5].

Elaborado por: Renato Falconí

Letreros y cono de viento:

La Tabla 2.8 muestra características de los letreros y el cono de viento:

Tabla 2.8: Letreros y cono de viento

Sistema de iluminación	Estándar FAA y OACI Anexo 14	Característica
Cono de Viento	FAA AC 150/5345; L-806 y L-807	Todo aeródromo deberá estar equipado con al menos un cono de viento o manga de viento. Esta manga deberá estar ubicada de tal forma que sea claramente visible desde el suelo o el aire, y que esté libre de interferencias con objetos cercanos. La manga de viento deberá ser en forma de cono, fabricada en tela y tendrá una longitud no inferior a 3,6 m y un diámetro no inferior a 0,9 m. Los colores deberán ser visibles desde el aire a una altura mínima de 300 m (1.000 ft).
Letreros	FAA AC 150/5345-44F; L-858	Indicar una instrucción obligatoria o bien una información sobre un emplazamiento o destino en el área del campo de vuelos. Los letreros serán rectangulares, con una altura de 800 mm y con el lado más largo en posición horizontal. Las inscripciones de los letreros tendrán una altura de 400 mm. Los letreros se ubicarán a una distancia de 12 m respecto al borde definido de pavimento de la calle de rodaje, a excepción de los letreros indicadores de salida de pista, cuya distancia desde su borde interno hasta el borde del pavimento de la pista será de 10 m. Todos los letreros se iluminarán por la noche mediante luces fluorescentes internas a fin de permitir operaciones por instrumentos.

Fuente: Advisory Circular AC 150/5340-30. [5].

Elaborado por: Renato Falconí

- ***Letreros con instrucciones obligatorias:*** Se ubicarán letreros con instrucciones obligatorias en aquellos lugares a partir del cual una aeronave en rodaje no debe proseguir a menos que lo autorice la torre de control. La forma como viene representada una señal obligatoria es mediante un fondo rojo con letras blancas. Se distinguen los siguientes tipos de letreros con instrucciones obligatorias:
 - ***Letreros de designación de pista:*** La inscripción presente en un letrero de designación de pista consistirá en la designación del extremo de pista que vaya a intersectar la aeronave. [5]
 - ***Letreros de prohibida la entrada:*** Es un letrero de **NO ENTRY** (Cuando una aeronave no puede entrar en un área determinada). [5]

- ***Letreros de información:*** Se instalarán cuando se desee conocer la posición actual o la dirección hacia un sitio determinado. Para identificar, especialmente en intersecciones de calles de rodaje, un emplazamiento concreto o proporcionar información de dirección hacia un destino. Las señales de información deberán ser en fondo amarillo con letras negras. Y las señales de posición consistirán de un fondo negro con letras amarillas. Los letreros de información a tener en cuenta son los siguientes:
 - ***Letreros de emplazamiento:*** Se proporcionarán junto a cada letrero de designación de pista y a cada letrero de dirección. Inscripciones en amarillo sobre fondo negro, y cuando no complementen a otro letrero, tendrán un borde amarillo. [5]
 - ***Letreros de dirección:*** Se proporcionarán letreros de dirección en cada intersección de calle de rodaje y en línea con la intersección de calle de rodaje. Cada inscripción contará con la designación de las calles de rodaje que se intersecan en la intersección, así como una flecha que indique su dirección. [5]

2.2.9 Sistema de Potencia y Distribución

En el diseño e instalación de los sistemas eléctricos es necesario tener en cuenta factores que pueden provocar fallas, como perturbaciones electromagnéticas, pérdidas en las líneas, calidad de la energía, etc. Por ello, es necesaria una fuente secundaria de energía eléctrica. [6]

El intervalo de tiempo que transcurra entre la falla de la fuente primaria de energía eléctrica y el restablecimiento completo, debería ser el más corto posible, excepto que en el caso de las ayudas visuales correspondientes a las pistas para aproximaciones que no son de precisión y pistas para aproximaciones de precisión, deberían aplicarse los requisitos de la Tabla 2.9, sobre tiempo máximo de conmutación. [6]

Para las pistas para aproximaciones de precisión se proveerá una fuente secundaria de energía eléctrica capaz de satisfacer los requisitos de la Tabla 2.9. Las conexiones de la fuente de energía eléctrica de las instalaciones que requieren una fuente secundaria de energía estarán dispuestas de modo que dichas instalaciones queden automáticamente conectadas a la fuente secundaria de energía, en caso de falla de la fuente primaria de energía. [6]

Tabla 2.9: Requisitos de la fuente secundaria de energía eléctrica

Pista	Ayudas luminosas que requieren energía	Tiempo máximo de conmutación
De vuelo visual	Indicadores visuales de pendiente de aproximación ^a Borde de pista ^b Umbral de pista ^b Extremo de pista ^b	15 minutos
Para aproximaciones que no sean de precisión	Sistema de iluminación de aproximación Indicadores visuales de pendiente de aproximación ^{a,c} Borde de pista ^c Umbral de pista ^c Extremo de pista	15 segundos 15 segundos 15 segundos 15 segundos 15 segundos
Para aproximaciones de precisión, Categoría I	Sistema de iluminación de aproximación Borde de pista ^c Indicadores visuales de pendiente de aproximación ^{a,c} Umbral de pista ^c Extremo de pista Calle de rodaje esencial ^a	15 segundos 15 segundos 15 segundos 15 segundos 15 segundos
Para aproximaciones de precisión, Categoría II/III	300 m interiores del sistema de iluminación de aproximación Otras partes del sistema de iluminación de aproximación Borde de pista Umbral de pista Extremo de pista Eje de pista Zona de toma de contacto Todas las barras de parada Calle de rodaje esencial	1 segundo 15 segundos 15 segundos 1 segundo 1 segundo 1 segundo 1 segundo 1 segundo 15 segundos
<p><i>a. Se les suministra energía eléctrica secundaria cuando su funcionamiento es esencial para la seguridad de las operaciones de vuelo.</i></p> <p><i>b. Iluminación de emergencia.</i></p> <p><i>c. Un segundo cuando las aproximaciones se efectúen por encima de terreno peligroso o escarpado.</i></p>		

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [6].

Elaborado por: Renato Falconí

El requisito relativo a una fuente secundaria de energía eléctrica debería satisfacerse por el siguiente medio:

- Que alimente a los servicios del aeródromo desde una subestación distinta de la subestación normal, mediante un circuito con un itinerario diferente del de la fuente

normal de suministro de energía, y tal que la posibilidad de una falla simultánea de la fuente normal y de la red independiente de servicio público sea extremadamente remota. [6]

La Fig. 2.12 indica el funcionamiento de la ayuda visual iluminada en un aeropuerto.



Fig. 2.12: Funcionamiento de la Ayuda Visual iluminada.
Fuente. Airpot Lighting. [7].

2.2.10 Características de las ayudas visuales iluminadas

En cuanto a las características que las ayudas visuales iluminadas presentan, vienen descritas por lo que se llama las 4 “C”, por comenzar las palabras con la letra “C”, Configuración, Color, Cobertura y Candelas. [7] y [8]

- **Configuración:** ¿Dónde se emplazan las luces? ¿Cuánto se espacian unas de otras?

Esta característica está referida a la forma de emplazamiento de las unidades que componen cualquier sistema de ayuda visual iluminada, especificando distancias entre ellas, distancias respecto al umbral de pista, etc. El espaciado de las luces depende de su posición tanto longitudinal como transversal en el campo de vuelo, por otro lado depende también de las condiciones de visibilidad. [7] y [8]

- **Color:** ¿Qué colores pueden ser utilizados?

La función principal de las señales luminosas de color, es identificar los diferentes tipos de ayudas visuales, impartir instrucciones y aumentar su perceptibilidad. Sólo hay cuatro colores para reconocerse, y son el rojo, claro o amarillo, verde y azul. [7] y [8]

- **Cobertura:** ¿Qué alcance/cobertura han de tener?

Las primeras luces aeronáuticas eran lámparas sencillas o recubiertas con vidrio transparente. Eran luces omnidireccionales. Poco a poco fueron añadiéndose luces con reflectores, lentes o prismas para obtener una mayor intensidad, direccionalidad, reducir los deslumbramientos, etc. [7] y [8]

- **Candelas:** ¿Qué intensidad luminosa deben dar las luces?

Siendo esta una unidad de intensidad lumínica, las recomendaciones que la OACI emite, son curvas de isocandelas las cuales deben cumplirse y que varía de acuerdo a la posición y función de las ayudas visuales iluminadas. El nivel de brillo de cada tipo de sistema de iluminación, para unas condiciones de visibilidad determinadas, viene regulado por la OACI en el Manual de Aeródromos, Parte 4 – Ayudas Visuales. A continuación, se presenta Tabla 2.10 de la OACI. [7] y [8]

Tabla 2.10: Nivel de brillo de cada tipo de sistema de iluminación

Luminancia	Alcance visual	Sistema Aproximación, zona de contacto, umbral, extremo, eje de pista, borde de pista	Sistema PAPI	Sistema Borde de calle de rodaje	Sistema Eje de calle de rodaje, barras de parada
Día	< 800 m	5	5	3	5
	800 m < RVR < 1600 m	5	5	3	5
	1600 m < RVR < 4000 m	5	5	OFF	5
	RVR > 4000 m	4	5	OFF	5
Crepúsculo	< 800 m	5	4	3	5
	800 m < RVR < 1600 m	5	4	2	5
	1600 m < RVR < 4000 m	4	4	2	4
	RVR > 4000 m	3	4	1	3
Noche	< 800 m	4	3	1	4
	800 m < RVR < 1600 m	3	3	1	3
	1600 m < RVR < 4000 m	3	3	1	3
	RVR > 4000 m	2	3	1	2

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

Elaborado por: Renato Falconí

2.2.11 Circuito de tráfico para aterrizaje

Este apartado del Trabajo de Graduación describe los procesos de aproximación y aterrizaje de una aeronave en la pista de un aeropuerto.

Aproximación (Approach): Se efectúa antes de entrar en circuito, es decir, para aproximarse al aeródromo: sintonizar frecuencia, solicitar autorización para entrar en la zona de control de aeródromo, ajustar el altímetro, etc. [9]

Aterrizaje (Landing): Permitir que un aeroplano contacte con el terreno a la velocidad vertical más baja posible, en circunstancias normales y también a la velocidad horizontal (respecto al suelo) más baja posible; sin que la distancia recorrida en la maniobra exceda la longitud del terreno disponible. En definitiva, se trata de poner el aeroplano en pérdida a pocos centímetros del suelo manteniendo el control direccional y sin salirse de la pista. [9]

Preparación del aterrizaje: Con fines exclusivamente didácticos, la maniobra de aterrizaje se suele dividir en fases arbitrarias como se indica en la Fig. 2.13. [9]

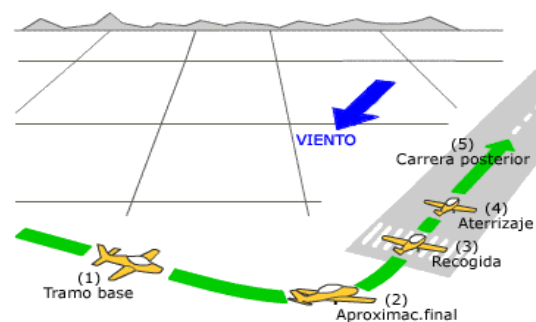


Fig. 2.13: Distintas fases de un aterrizaje.

Fuente. Fundamentos de Ingeniería Aeronáutica. [9].

- *Tramo base:* En este tramo el piloto tiene que tomar dos decisiones: juzgar a qué altitud y distancia debe comenzar el descenso; y decidir en qué punto virar a aproximación final para poner el avión en la senda de descenso adecuada y alineado con el eje de la pista. [9]
- *Aproximación final:* Es la parte del circuito de tráfico en el cual el aeroplano desciende, alineado con el eje de la pista, en línea recta hacia el punto de referencia estimado para aterrizar. El objetivo consiste en mantener el avión con una velocidad y ángulo de descenso o ángulo de aproximación, tales que:
 - La fase de recogida no sea crítica sino de fácil realización. [9]
 - El aeroplano alcance el punto de contacto con la superficie en el primer tercio de la pista. [9]
 - La velocidad mantenida no suponga riesgo de pérdida. [9]

Esas son las claves esenciales a controlar en esta fase: *velocidad* y *ángulo de descenso*. La geometría de una aproximación final es: el aeroplano se encuentra a una altura (**a**) y distancia (**d**) del punto de la pista elegido como referencia para aterrizar. La relación entre (a) y (d) es lo que se conoce como ratio de descenso, el cual se expresa en la figura como ángulo de descenso o ángulo de aproximación (**α**). La Fig. 2.14 muestra dicha geometría de aproximación final. [9]



Fig. 2.14: Geometría de aproximación final (senda de descenso).
Fuente. Fundamentos de Ingeniería Aeronáutica. [9].

1.- Velocidad de Aproximación: La velocidad de aproximación debe ser más alta que la de pérdida, pero no mucho más, es decir; no hay que exponerse a una pérdida pero tampoco a que falte pista o que la recogida requiera una técnica de pilotaje extraordinaria. Como referencia principal, esta velocidad se la puede encontrar tabulada en el manual de operación del aeroplano. [9]

2.- Ángulo de descenso (senda): Es aquel ángulo que manteniendo la velocidad deseada y sobrevolando los posibles obstáculos, lleve al aeroplano desde la aproximación final hasta el punto de referencia elegido sobre la superficie de aterrizaje. Dentro de un rango razonable de entre 3° y 6° , no es usualmente crítico el ángulo elegido, pero es imprescindible tomar en cuenta lo siguiente:

- Si la senda (ángulo de aproximación) es demasiado pronunciada, la maniobra de recogida será más crítica y dificultosa pues necesitará pasar de una actitud de descenso a vuelo nivelado con mayor rapidez. [9]
- Si la senda es demasiado “plana”, tiene que estar seguro que ello le permite evitar los obstáculos. La recogida en este caso es muy suave, pero el peligro de este tipo de senda es que el avión está volando a baja altura, más de la cuenta y eso le deja con muy pocas o ninguna opción en caso de fallo de motor. [9]

La Fig. 2.15 muestra las posibles sendas y los ángulos de descenso en una aproximación final. [9]

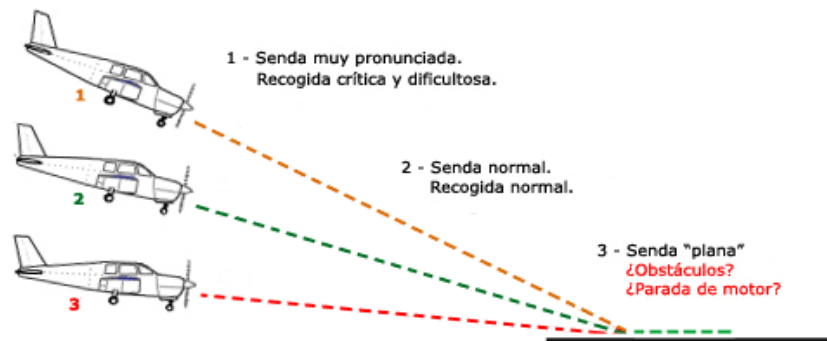


Fig. 2.15: Senda y ángulos de descenso en aproximación final.
Fuente. Fundamentos de Ingeniería Aeronáutica. [9].

En cualquier caso debe ser extremadamente sensitivo a los cambios en este ángulo porque esta es la mejor indicación sobre si la toma de contacto se hará lejos del punto estimado o por el contrario no va a llegar al mismo. En forma técnica es juzgar adecuadamente la senda de descenso y manejar correctamente la energía total del avión (velocidad + altitud) con el objetivo de posarse sobre la superficie con la mínima energía total posible. Ello exige mantener constantes la velocidad aerodinámica y el ángulo de descenso. La Fig. 2.16 señala una pista tal como se percibe con los diferentes ángulos de descenso. [9]

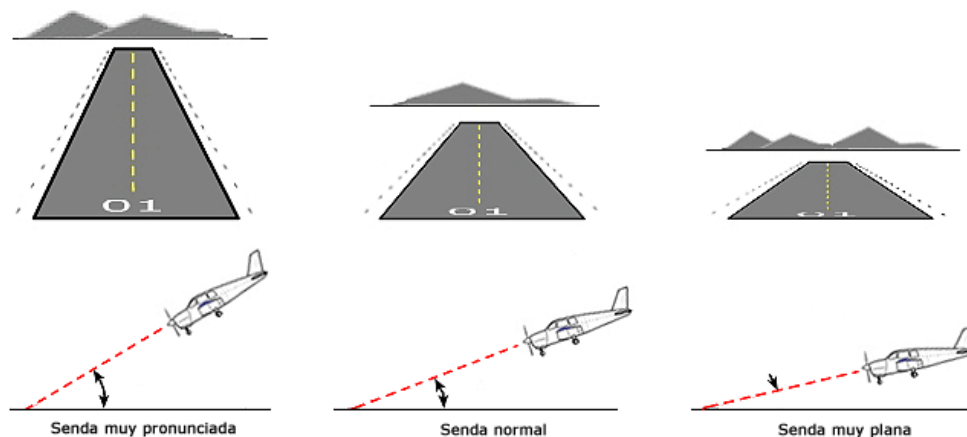


Fig. 2.16: Una pista tal como se percibe diferentes ángulos de descenso.
Fuente. Fundamentos de Ingeniería Aeronáutica. [9].

Alineación con el centro de la pista: Si mira la línea central y ve el punto más lejano (b) encima del punto más cercano (a) entonces está centrado con la pista. En los otros

dos casos está alineado con el borde derecho o con el borde izquierdo y si no corrige la trayectoria aterrizará en ese borde o fuera de la pista. La Fig. 2.17 interpreta gráficamente los casos de alineación del aeroplano con el eje de la pista. [9]

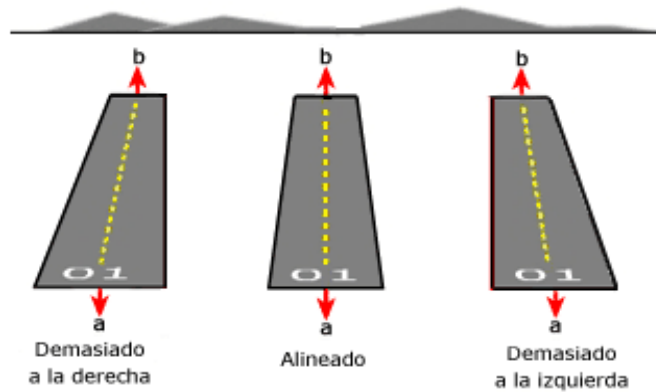


Fig. 2.17: Alineación con el eje de la pista.
Fuente. Fundamentos de Ingeniería Aeronáutica. [9].

La forma más inteligente de controlar la senda de aproximación es observar y controlar directamente el ángulo de la misma. Existen dos maneras: Una aproximación instrumental (solo para pilotos habilitados para vuelo instrumental), el indicador electrónico define normalmente un ángulo de 3° ; o las Ayudas Visuales indicadoras de pendiente de aproximación. [10]

2.2.12 Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación

Proporcionan información visual sobre la pendiente de aproximación (senda), de manera que si el piloto mantiene el ángulo de descenso provisto por ellos, sorteará los posibles obstáculos aterrizando en el primer tercio de la pista. No hay que confundir este sistema *visual* VLS (Visual Landing System) (el piloto interpreta lo que ve) con el sistema *instrumental* ILS (Instrumental Landing System) (el piloto lee e interpreta las indicaciones que los instrumentos reciben del sistema, en la cabina del aeroplano). [10]

Se instalará un sistema visual indicador de pendiente de aproximación para facilitar la aproximación a una pista, que cuente o no con otras ayudas para la aproximación, visuales o no visuales, cuando exista una o más de las siguientes condiciones:

- a) La pista sea utilizada por turborreactores u otros aviones con exigencias semejantes en cuanto a guía para la aproximación. [11]

b) El piloto de cualquier tipo de aviación pueda tener dificultades para evaluar la aproximación por una de las siguientes razones:

1.- *Orientación visual insuficiente*: Por ejemplo, en una aproximación de día sobre agua o terreno desprovisto de puntos de referencia visuales o durante la noche. [11]

2.- *Información visual equivocada*: Por ejemplo, a la configuración del terreno adyacente o a la pendiente de la pista. [11]

c) La presencia de objetos en el área de aproximación pueda constituir un peligro grave si un avión desciende por debajo de la trayectoria normal de aproximación. [11]

d) Las condiciones del terreno o las condiciones meteorológicas predominantes sean tales que el avión pueda estar sujeto a turbulencia, neblina, oscurecimiento ambiental o circunstancias adversas durante la aproximación. [11]

Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación normalizados se clasifican en VASIS (Sistema Visual Indicador de Pendiente de Aproximación) y PAPI (Indicador de Precisión de Pendiente de Aproximación). [11]

VASIS (Visual Approach Slope Indicator System): Sistema Visual Indicador de Pendiente de Aproximación, consiste en un sistema de luces, agrupadas en hileras o barras horizontales, dispuestas de forma especial y visible de 3 (4.83 Km) a 5 millas (8.05 Km) durante el día y hasta 20 millas (32.2 Km) o más por la noche. [12]

Las instalaciones de VASIS pueden constar de 2, 4, 6, 12 e incluso 16 lámparas dispuestas en 2 o 3 barras, pero la mayoría consiste en dos barras con 2 luces cada una, instaladas usualmente en el lado izquierdo de la pista; normalmente definen una pendiente de 3° aunque en algunos lugares puede ser de hasta 4.5° para prevenir el sobrevuelo seguro de obstáculos. [12]

Los pilotos de aeroplanos con altas prestaciones deben prever que usar un VASIS con ángulos superiores a 3.5° puede suponer un incremento notable de la longitud de la pista requerida para aterrizar. La Fig. 2.18 indica en forma gráfica la interpretación del sistema VASIS. [12]

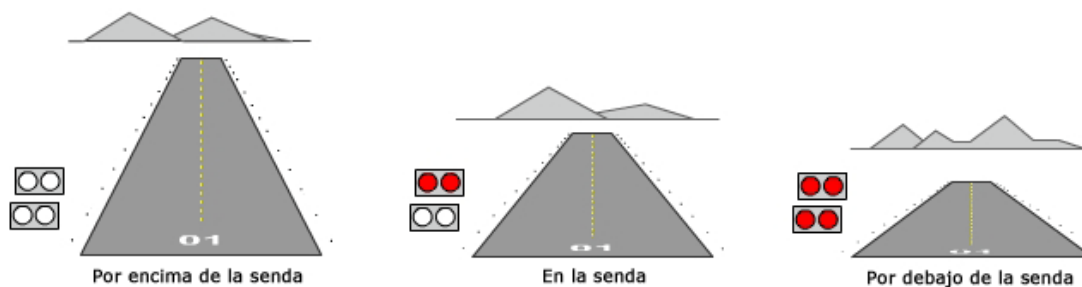


Fig. 2.18: Interpretación del sistema VASIS.
Fuente. Manual de diseño de aeródromos. [12].

Las lámparas de cada barra proyectan un haz de luz de dos segmentos, cada uno en un ángulo vertical diferente: el segmento superior es de color blanco y el inferior de color rojo y desde la perspectiva del piloto se ve uno u otro pero no ambos. Con el avión en la senda correcta (figura central), el piloto debe ver una barra (la más cercana) con luces blancas y otra (la más lejana) con luces rojas; si desciende por encima de la senda verá ambas barras blancas, mientras que si lo hace por debajo las verá de color rojo. [12]

Dentro del sistema VASIS tenemos el sistema **AVASIS (Abreviated VASIS)**. Es lo mismo que el sistema VASIS pero sólo incluye dos hileras de luces. [12]

PAPI (Precision Approach Path Indicator): Indicador de Precisión de Pendiente de Aproximación, es una VASIS de precisión, a diferencia del VASIS dispone las luces en una sola barra; consiste de una barra de 4 luces que pueden iluminar tanto en rojo como en blanco. La Fig. 2.19 indica en forma gráfica la interpretación del sistema PAPI. [12]

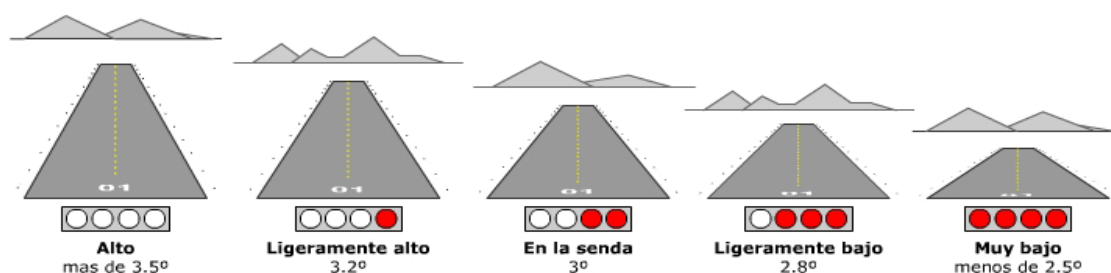


Fig. 2.19: Interpretación del sistema PAPI.
Fuente. Manual de diseño de aeródromos. [12].

Cuando estamos en senda, las dos luces exteriores se muestran en blanco y las luces interiores en rojo. A su vez el sistema PAPI se subdivide en el sistema **APAPI (Abreviated PAPI)**. Consiste de una sola hilera de dos luces. Ambas luces pueden iluminar en blanco o rojo, dependiendo de la posición en la senda. [12]

La coordinación del movimiento en el aeródromo es crucial para la segura y eficiente operación de cualquier Aeropuerto. Si en adición a esto, las operaciones de vuelo tienen lugar en condiciones ambientales únicas, la necesidad de marcadores de alta visibilidad en el aeródromo toma alta importancia. El cómo se puede responder a esas necesidades, depende de las condiciones meteorológicas bajo las que se esté operando. [12]

2.3. Propuesta de Solución

La implementación de un sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI) optimizará el circuito de tráfico aéreo, en particular el aterrizaje de todo tipo de aeroplanos; ya sea en el día, en la noche o en condiciones ambientales de escasa visibilidad en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de la Investigación

El presente trabajo es un proyecto de investigación aplicada con un enfoque cualitativo-cuantitativo. *Cualitativo* porque trabajó en sentido participativo a la población inmersa en el problema, considerando la realidad dinámica cambiante del Aeropuerto Jumandy y la comprensión de la propuesta de solución con énfasis en los resultados. *Cuantitativo* porque priorizó la toma de decisiones del investigador en la solución del problema.

3.1.1 Investigación de Campo

El investigador acudió repetitivamente al Aeropuerto Jumandy donde se desarrolló el problema para conseguir información, datos y métricas fidedignas relacionadas con los objetivos. Por lo tanto, la investigación tuvo una modalidad de campo al recolectar datos en los siguientes aspectos: Estatus actual y performance del sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy, beneficios de los usuarios de esta terminal aérea y mejoramiento de la operatividad y seguridad del aeropuerto a partir de la propuesta.

3.1.2 Investigación Documental Bibliográfica

La investigación tuvo una modalidad bibliográfica para argumentar eficientemente el contenido teórico, a través de diferentes fuentes primarias: repositorios digitales, libros, revistas, publicaciones, internet y otros documentos confiables que permitieron sustentar científicamente las variables.

La investigación fue también de modo documental, porque tuvo como propósito conocer, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques teóricos,

contextualizaciones, criterios de diversos autores sobre el sistema electrónico de luces PAPI en aeropuertos; todo basándose en fuentes de información, primarias y secundarias.

3.1.3 Proyecto Factible

La investigación es un proyecto factible porque planteó una propuesta de solución viable para la operatividad del Aeropuerto Jumandy, con un sistema electrónico de luces PAPI. Implementado en el tiempo previsto y con los recursos disponibles.

3.2. Población y Muestra

La población se detalla en la Tabla 3.1 y el Gráfico 3.1:

Tabla 3.1: Población Año 2013

BENEFICIARIOS	POBLACIÓN
Jefe del Aeropuerto Jumandy	1
Tránsito Aéreo	2
Comunicaciones	2
Meteorología	1
Seguridad	3
TOTAL	9

Fuente. Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

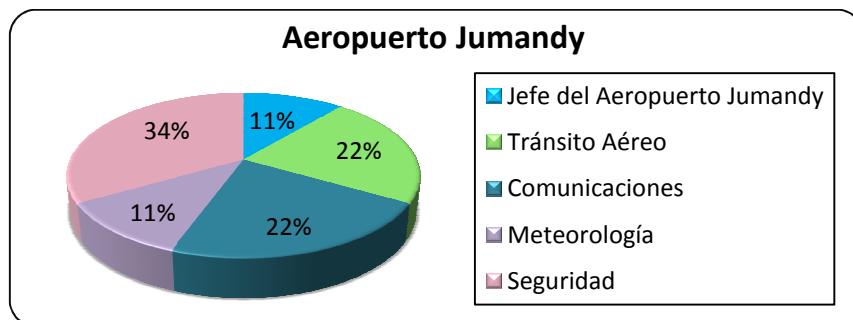


Fig. 3.1: Población Año 2013
Fuente. Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

NOTA: Al ser la población pequeña, se trabajó directamente con la misma; sin necesidad de una muestra.

3.3. Recolección de Información

La recolección de información utilizó el siguiente procedimiento; enfatizado en instrumentos para el registro de datos como: documentos, observación y entrevista. La entrevista se aplicó al personal Administrativo y de Operaciones del Aeropuerto Jumandy.

Al identificar un problema en la pendiente de aproximación para el aterrizaje de aeroplanos en la pista del Aeropuerto Jumandy de la provincia de Napo, ciudad del Tena, sector Zancudo, parroquia Ahuano. Se decidió implementar un sistema electrónico de luces PAPI y con ello sustentar la operatividad y seguridad de esta terminal aérea; mejorando efectivamente la Ayuda Visual del aeródromo y solucionando el problema. Se empleó tecnología estructural para aeródromos, tecnología de iluminación moderna para terminales aéreas, Sistemas Embebidos, Software SCADA, Electrónica de Potencia, etc.

Como preámbulo para la ejecución de la propuesta solución se analizó la situación en que se encuentra la tecnología empleada en la pista del aeropuerto, gracias al apoyo de informes y memorias técnicas, cuestionarios o guías de entrevistas. Posteriormente para el diseño e implementación del sistema electrónico de luces PAPI, se realizó prototipos y pruebas de depuración de errores para evitar gastos innecesarios, riesgos y averías técnicas.

3.4. Procesamiento y Análisis de datos

El procesamiento de la información se trabajó siguiendo la secuencia:

- Utilización de técnicas de investigación, la observación y entrevista.
- Revisión de la información recolectada.
- Repetición de la recolección de la información en ciertos casos individuales.
- Procesamiento de la información.
- Análisis y estudio estadístico de datos para presentación de resultados.
- Depuración y optimización de datos e información.
- Presentación de resultados.

3.5. Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo y la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI para la operatividad del Aeropuerto Jumandy, se procedió con la siguiente trayectoria:

- Levantamiento estructural de las ayudas visuales existentes.
 - Luces para pistas y calles de rodaje.
 - Luces de guía para el vuelo en circuito.
 - Luces indicadoras de pendiente de aproximación.
 - Sistemas de guía y control del movimiento en la superficie.
- Levantamiento estructural de las señales, paneles y balizas existentes.
 - Balizas de borde de calle de rodaje.
 - Letreros.
 - Sistemas de guía visual para estacionamiento y atraque.
 - Señales e Iluminación en la plataforma.
- Estudio de la frangibilidad de las ayudas visuales.
- Estudio de la intensidad luminosa de luces fijas y de luces de destellos.
- Estudio del mantenimiento de la actuación de las luces.
- Diseño de la planimetría Georeferenciada de la pista, plataforma y toda la superficie del Aeropuerto Jumandy.
- Ejecución de prototipos y pruebas de depuración de errores.
- Implementación del sistema electrónico de luces PAPI en la pista del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.
- Implementación del sistema de comunicación y el sistema de control computarizado en la Torre de Control y la Subestación de Operaciones, para controlar y monitorear el sistema electrónico de luces PAPI.
- Implementación de guías evaluativas para el soporte y mantenimiento del sistema electrónico de luces PAPI del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.
- Presentación del Informe final.

3.6. Análisis de resultados de la entrevista aplicada al Personal Administrativo y de Operaciones del Aeropuerto Jumandy

Preguntas Metodológicas

1.- ¿Existe un sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy que satisfaga su desarrollo estructural de los últimos 5 años?

Tabla 3.2: Resultados sobre la existencia de un sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Si	1	11
No	8	89
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

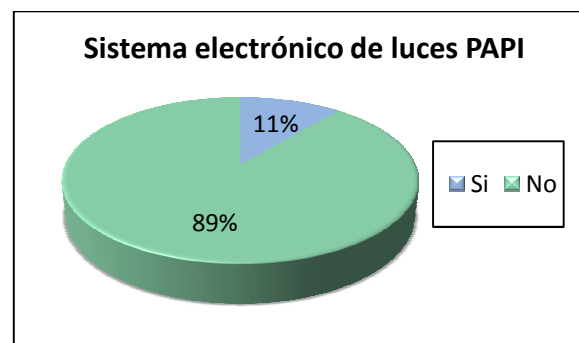


Fig. 3.2: Resultados sobre la existencia de un sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 89% de los participantes entrevistados, aseguran que no existe un sistema electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy que satisfaga su desarrollo estructural de los últimos 5 años; únicamente el 11% del personal aeroportuario entrevistado dice desconocer sobre el sistema PAPI y su utilidad en este aeródromo. La mayoría del personal administrativo y operaciones del aeropuerto, está consciente en la necesidad de implementar un sistema electrónico de luces PAPI óptimo y eficiente para la operatividad y seguridad del mismo.

2.- En referencia a la operatividad y seguridad del Aeropuerto Jumandy. ¿Cómo caracteriza usted el desempeño de este aeródromo?

Tabla 3.3: Resultados sobre la operatividad y seguridad del aeropuerto

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	1	11
Buena	3	33
Insuficiente	5	56
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

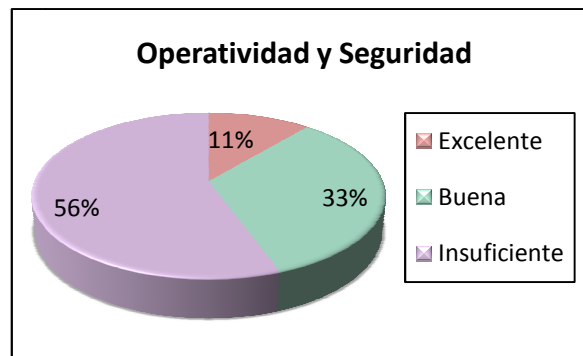


Fig. 3.3: Resultados sobre la operatividad y seguridad del aeropuerto
Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 56% del personal administrativo y de operaciones entrevistado; aseveran que el desempeño del Aeropuerto Jumandy con referencia a la operatividad y seguridad es insuficiente debido a la inexistencia de una ayuda visual que concuerde con la categoría y la capacidad del aeropuerto. El 33% del talento humano entrevistado, mencionan que la operatividad y seguridad del aeropuerto es buena con respecto al desarrollo que ha tenido en los últimos años. Solo el 11% de la población aeroportuaria entrevistada dice que la operatividad y seguridad es excelente, según las características que tiene este aeródromo.

Gran parte del grupo humano de administración y de operaciones entrevistado en el Aeropuerto Jumandy; promueve el mejoramiento de la operatividad y seguridad de esta terminal aérea, en virtud a la implementación de ayudas visuales eficaces.

3.- ¿Cree usted que un sistema electrónico de luces PAPI implementado en forma óptima en el Aeropuerto Jumandy, beneficie a la comunidad aeroportuaria e influya de forma directa en el tráfico aéreo de la ciudad del Tena y en actividades como: comercio, turismo, agro-exportación, etc.?

Tabla 3.4: Resultados sobre la influencia del sistema electrónico de luces PAPI

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Si	8	89
No	1	11
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

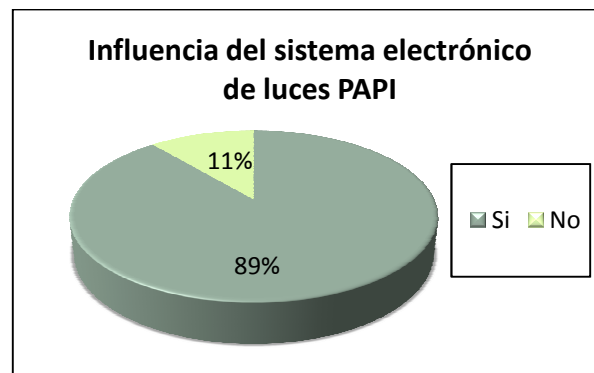


Fig. 3.4: Resultados sobre la influencia del sistema electrónico de luces PAPI

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 89% del personal administrativo y de operaciones del Aeropuerto Jumandy entrevistado, creen que un sistema electrónico de luces PAPI implementado en forma óptima en esta terminal aérea; beneficiará a la comunidad aeroportuaria e influirá de forma directa en el tráfico aéreo de la ciudad del Tena. A su vez; el 11% del personal entrevistado, cree que la implementación de un sistema electrónico de luces PAPI, beneficiaría al Aeropuerto Jumandy si se lo complementa con la ayuda visual pertinente para este aeródromo internacional. El resultado en esta interrogante es radical, toda la población entrevistada afirma de alguna manera; el imperante requerimiento del aeropuerto en tener un sistema electrónico de luces indicadoras de precisión de pendiente aproximación PAPI.

4.- ¿Cómo califica usted al sistema electrónico de luces e iluminación utilizado en este momento en el Aeropuerto Jumandy, tiene las competencias internacionales exigidas por organizaciones reguladoras como la OACI o la FAA?

Tabla 3.5: Resultados sobre las competencias internacionales del sistema electrónico de luces e iluminación

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Competitivo	2	22
No competitivo	7	78
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

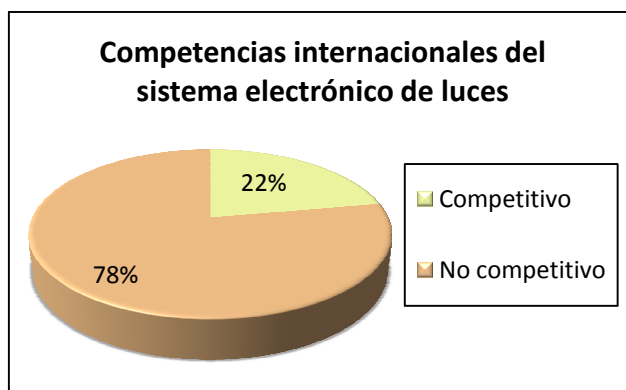


Fig. 3.5: Resultados sobre las competencias internacionales del sistema electrónico de luces e iluminación
Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 78% del personal entrevistado en el Aeropuerto Jumandy, califica a esta terminal aérea en particular al sistema electrónico de luces e iluminación; como no competitiva en estándares y normas internacionales exigidas por organizaciones como la OACI o la FAA. El 22% del personal entrevistado en este aeródromo; estima al Aeropuerto Jumandy como competitivo en exigencias internacionales para el sistema electrónico de luces e iluminación, promovidas por la OACI o la FAA. La mayoría del personal aeroportuario entrevistado, confirma la trascendencia competitiva internacionalmente que le falta al aeródromo.

5.- ¿Está usted capacitado en el estándar establecido por la FAA y la OACI para la unidad PAPI, el regulador de corriente constante, el transformador de aislamiento y los kit de conectores; elementos principales del funcionamiento del sistema electrónico de luces PAPI?

Tabla 3.6: Resultados sobre la capacitación en estándares de la FAA y la OACI

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Capacitado	3	33
No capacitado	6	67
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

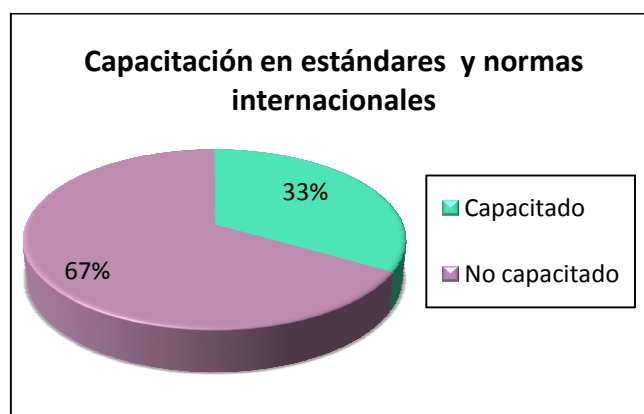


Fig. 3.6: Resultados sobre la capacitación en estándares de la FAA y la OACI

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 67% del personal administrativo y el personal de operaciones entrevistado; aseguran no estar capacitados en el estándar establecido por la FAA y la OACI para la unidad PAPI, el regulador de corriente constante, el transformador de aislamiento o los kit de conectores; elementos principales del funcionamiento del sistema electrónico de luces PAPI. Solo el 33% del personal entrevistado en el Aeropuerto Jumandy afirman estar capacitados en forma básica con estándares y normas para el sistema electrónico de luces PAPI. Esta terminal aérea requiere implementar programas de capacitación sobre ayudas visuales para estar a la vanguardia con la tecnología.

Preguntas Técnicas

1.- ¿Conoce usted la diferencia entre las configuraciones estilo A o estilo B para el sistema electrónico de luces PAPI, normalizado por la FAA y la OACI?

Tabla 3.7: Resultados sobre las configuraciones para el sistema electrónico de luces PAPI

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	22
No	7	78
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

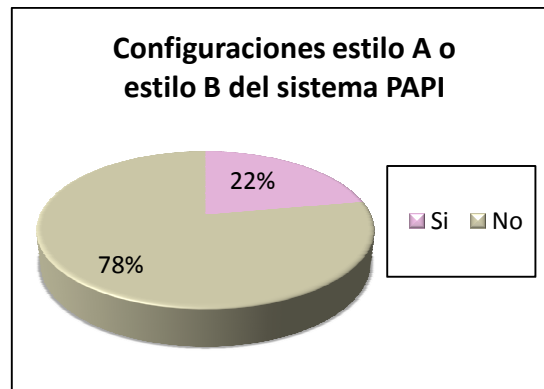


Fig. 3.7: Resultados sobre las configuraciones para el sistema PAPI

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 78% del personal entrevistado en el Aeropuerto Jumandy; desconoce los elementos principales que permiten el funcionamiento del sistema electrónico de luces PAPI, las normas que lo rigen o estilos de configuraciones para dicho sistema electrónico. El 22% del personal administrativo y de operaciones del aeródromo; conoce el funcionamiento, los componentes, normas, estándares y estilos de configuraciones para el trabajo operativo del sistema electrónico de luces PAPI; los resultados afirman la necesidad de capacitación en el aeropuerto.

2.- ¿En qué niveles de voltaje, opera una unidad PAPI configurado en estilo A?

Tabla 3.8: Resultados sobre los niveles de voltaje de operación de una unidad PAPI estilo A

Opción	Frecuencia	Porcentaje
195 a 265 V(AC)	2	22
110 a 220 V(AC)	4	45
Desconoce	3	33
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

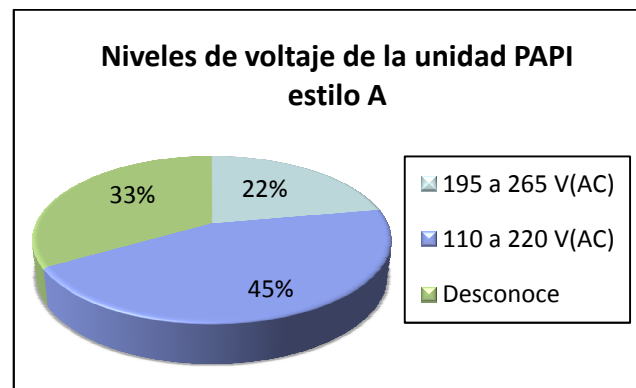


Fig. 3.8: Resultados sobre los niveles de voltaje de una unidad PAPI estilo A
Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 45% del personal entrevistado, considera que los niveles de voltaje en que opera una unidad PAPI configurado en estilo A; es de 110 a 220V (AC). El 33% de la población entrevistada expone su desconocimiento sobre el valor de voltaje con el que trabaje la unidad PAPI estilo A. El 22% del personal administrativo y de operaciones del Aeropuerto Jumandy, están seguros que la unidad PAPI en una configuración estilo A; funciona en un rango de voltaje 195 a 265V (AC). Una capacitación teórica y práctica, con contenidos netamente técnicos deben incluir en la agenda rutinaria del personal administrativo y de operaciones del Aeropuerto Jumandy, para evitar riesgos o averías y mejorar la seguridad del aeródromo.

3.- ¿En qué valor de corriente opera una unidad PAPI configurada en estilo B?

Tabla 3.9: Resultados sobre el valor de corriente de operación de una unidad PAPI estilo B

Opción	Frecuencia	Porcentaje
6,6 A	3	33
5,6 A	0	0
Desconoce	6	67
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

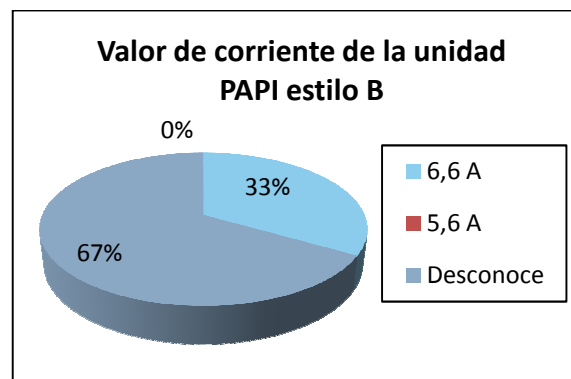


Fig. 3.9: Resultados sobre el valor de corriente de una unidad PAPI estilo B

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 67% del personal administrativo y de operaciones entrevistado, desconoce el valor de corriente de operación de una unidad PAPI configurada en estilo B. El 33% del grupo humano entrevistado y que trabaja en el Aeropuerto Jumandy; asegura que la corriente de operación de una unidad PAPI configurada en estilo B; es 6.6A. En gran parte de aeropuertos que cuentan con un sistema electrónico de luces PAPI, funciona con una configuración estilo B para la unidad PAPI; por motivos de mejor control y mayor seguridad en las ayudas visuales, razón por lo cual el personal administrativo y de operaciones del Aeropuerto Jumandy necesita capacitarse en características técnicas semejantes a los aeropuertos del Ecuador.

4.- ¿Al utilizar un sistema electrónico de luces PAPI, configurado en estilo B; se requiere un Regulador de Corriente Constante (CCR) con que características? (Corriente de salida, tensión de entrada, frecuencia, tensión de trabajo, temperatura de operación, etc.).

Tabla 3.10: Resultados sobre las características del Regulador de Corriente Constante (CCR)

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Características conocidas	4	45
Características desconocidas	2	22
Equipo desconocido	3	33
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

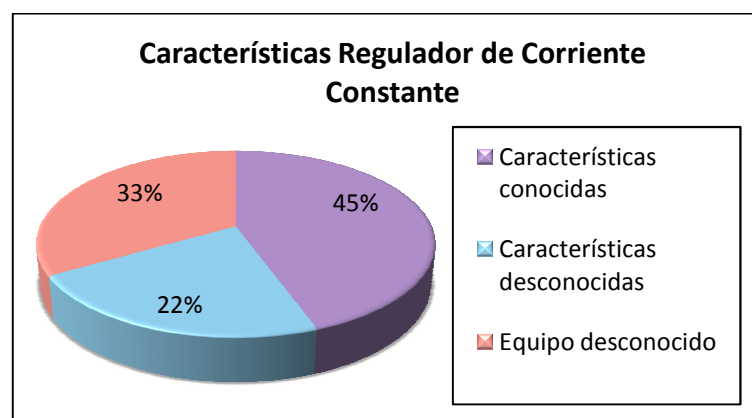


Fig. 3.10: Resultados sobre las características Regulador de Corriente Constante
Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 45% del personal entrevistado en el Aeropuerto Jumandy, afirma conocer las características del Regulador de Corriente Constante y su importancia en el funcionamiento de la unidad PAPI configurada en estilo B. El 33% del talento humano entrevistado dice desconocer este componente o equipo electrónico. El 22% de personal aeroportuario entrevistado conoce el equipo, pero desconoce su característica técnica, resultado que promueve una urgente capacitación técnica.

5.- ¿Cuál es el valor de potencia necesario en los transformadores de aislamiento empleados para la operación del gabinete PAPI “maestro” como en los gabinetes PAPI “esclavos”, en una configuración estilo B?

Tabla 3.11: Resultados sobre el valor de la potencia necesaria en los transformadores de aislamiento

Opción	Frecuencia	Porcentaje
300 W y 200 W	3	33
500 W y 250 W	1	11
Desconoce	5	56
TOTAL	n = 9	100%

Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

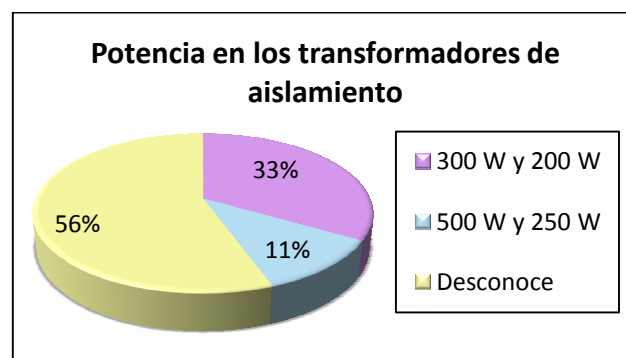


Fig. 3.11: Resultados sobre el valor de la potencia necesaria en los transformadores de aislamiento
Fuente. Entrevista - Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Análisis e Interpretación:

El 56% del personal aeroportuario entrevistado, señala desconocer el valor de potencia necesaria en los transformadores de aislamiento empleados en la operación del gabinete PAPI “maestro” como en los gabinetes PAPI “esclavos”. El 33% del personal entrevistado, asegura que la potencia de operación es de 300W y 200W respectivamente. El 11% dice que la potencia necesaria es de 500W y 250W. La potencia requerida en los transformadores de aislamiento es de 300 y 200W respectivamente, para el gabinete PAPI “maestro” y los gabinetes PAPI “esclavos”. Valores que cuantifican la calidad funcional de la unidad PAPI.

3.7. Conclusiones y Recomendaciones de la entrevista aplicada al Personal Administrativo y de Operaciones del Aeropuerto Jumandy

3.7.1 Conclusiones

- El 89% del personal Administrativo y de Operaciones del Aeropuerto Jumandy entrevistado, aseguró que el aeródromo necesita el Sistema Electrónico de luces PAPI para satisfacer en un 95% la ayuda visual aeronáutica al piloto para la aproximación y aterrizaje de la aeronave.
- El 89% del personal Administrativo y de Operaciones entrevistado, certificó que la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI beneficia en un 100% a los pilotos de las aerolíneas comerciales, civiles y militares; a los pasajeros de dichas aerolíneas. Optimiza el aterrizaje de una aeronave, guiando al piloto en la senda correcta de aproximación; 3° a 4° dependiendo de la flota de diseño.
- El 78% del personal entrevistado afirmó que el aeródromo no cumple con un sistema electrónico de luces e iluminación de competencias internacionales exigidas por organizaciones como la OACI y FAA para aeropuertos de clave de referencia 4D, categoría II, con una pista de vuelo por instrumentos ILS y aproximación de precisión.
- El 66,8% del personal entrevistado no está capacitado sobre parámetros técnicos y aspectos eléctricos-electrónicos de referencia al Sistema Electrónico de luces PAPI; debido a la reciente implementación a raíz de este Trabajo de Graduación, a la despreocupación del personal competente en el desarrollo formativo y capacitación del talento humano; y a la imprevisión individual.

3.7.2 Recomendaciones

- Emplear equipos con conexión a tierra y las respectivas seguridades eléctricas para proteger todos los componentes del Sistema Electrónico de luces PAPI.
- El Sistema Electrónico de luces PAPI estilo B, utiliza un Regulador de Corriente Constante (RCC) para la alimentación constante de 6,6 A al circuito serie que forma el sistema; para el control de intensidad de brillo, falla en las lámparas o en los transformadores de aislamiento. Promoviendo mejor fiabilidad y seguridad que el PAPI estilo A, que emplea una Unidad de Potencia y Control (PCU); propenso a

tener dificultades de funcionamiento en condiciones meteorológicas (lluvia), humedad o temperaturas elevadas (24 °C a 33 °C) propias de la parroquia Ahuano y ciudad el Tena.

- Realizar los respectivos cálculos (distancia para la posición de las unidades PAPI desde el umbral de pista) y correcciones (variaciones de la altura del terreno y posición del PAPI en función de la altura de la lente) de emplazamiento para la ubicación óptima de las unidades PAPI; en distancias longitudinales, laterales y angulares.
- Emplear tecnología alternativa sostenible como: luces con alimentación de voltaje a través de paneles solares o energía eólica, mangas de viento con tratamiento anti rayos UV (ultravioletas) y repelencia al polvo, que pueda interactuar con los equipos ya existentes; evitando así gastos superfluos para el Aeropuerto Jumandy.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Datos Informativos

Título: “Sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I.-Precision Approach Path Indicator) para la operatividad del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena”.

Institución Ejecutora: Universidad Técnica de Ambato.

Beneficiarios: Investigador, Aeropuerto Internacional Jumandy, personal aeroportuario, pilotos, Fuerza Aérea Ecuatoriana, Empresas Comerciales, Empresas de aviación y estudiantes de la FISEI.

Ubicación: El Aeropuerto Jumandy está ubicado en la provincia del Napo, específicamente a 28 Km al SE (Sureste) de la ciudad del Tena, en el Sector denominado Zancudo, en la parroquia Ahuano.

Equipo Técnico Responsable:

- **Autor:** Renato Danilo Falconí Hidalgo
- **Tutor:** Ing. Juan Pablo Pallo
- **Tránsito Aéreo:** Ing. Henry Vargas

4.2. Antecedentes de la Propuesta

El avance de la tecnología, en particular; la tecnología para operaciones aeroportuarias tienen la función de salvaguardar la seguridad de todas las personas que circundan en un aeropuerto, además de las aeronaves e infraestructura. Las Ayudas Visuales luminosas o

sistemas de iluminación, desde su invención han promulgado grandes beneficios para el tráfico aéreo; lógicamente en coordinación con estándares y normas internacionales de fabricación.

Si, se regresara en el tiempo, ha aquel diciembre de 1903; los hermanos Wright realizaron el primer vuelo controlado, época que inició el desarrollando paulatino de las ayudas terrestres para despegar, aterrizar y aeronavegar. A partir de esta premisa, se conoce un periodo inicial que empleaba como referencia banderas tendidas o personas con señales; para guiar la dirección de alineación a las franjas de aterrizaje. Cuando se quería conocer la velocidad y dirección del viento; se quemaban hierbas, aceite o combustible de diversa índole de manera que se produjera humo, así el piloto podía realizar maniobras hacia la pista correcta. [10]

En la época de la segunda guerra mundial se realizaron los procedimientos con guías radioeléctricas, es entonces que se advirtió la necesidad de unos empalmes de señalización de luces para aterrizar con seguridad. Entre 1946 a 1953, se desarrollaron los sistemas de radar, las comunicaciones VHF, las luces de abordó, junto con estos avances se desarrollaron las luces terrestres incluyendo las intensidades variables, se investigó sobre la longitud de onda para colores que penetren la niebla y de acuerdo a las estadísticas de la dirección del viento, se empezó a dar orientación a las pistas. [10]

Ineludiblemente el ámbito de la seguridad y operatividad de las terminales aéreas está congregado a la calidad de sistemas electrónicos luminosos que un aeródromo presente en respuesta a su configuración, clave de referencia, condiciones meteorológicas y categoría de identificación. El Aeropuerto Jumandy en su estructura aeroportuaria, únicamente posee balizas en la calle de rodaje, el faro de aeródromo, el sistema de luces de aproximación y las luces de borde de pista. La implementación del Sistema Electrónico de Luces PAPI corrige puntos vulnerables y requerimientos de seguridad, en la etapa de aproximación y aterrizaje de las aeronaves.

En el Aeropuerto Jumandy no existe un Sistema Electrónico de luces PAPI para la aproximación de precisión; a su vez los sistemas de iluminación existentes están interconectados a la red principal de energía eléctrica y respaldada con una fuente secundaria de electricidad, otorgada por un generador a diesel marca MODASA. Dichos

sistemas de luces existentes son vigilados por un sistema de control y monitoreo del fabricante YOUYANG (Korea), que es el proveedor internacional con certificado OACI y FAA para la adquisición de equipos y ayudas visuales iluminadas para los aeropuertos del Ecuador.

Las unidades PAPI estuvieron almacenadas en el Hangar del Aeropuerto Jumandy, el RCC, los transformadores de aislamiento, los kit conectores y el cable eléctrico. Todos estos equipos fueron adquiridos en el año 2010, cuando el Estado Ecuatoriano hizo una inversión para la readecuación y reconstrucción de esta terminal aérea. Anterior al Sistema Electrónico de luces PAPI, la aproximación de precisión y el aterrizaje en la pista se la realizaba únicamente con las ayudas radioeléctricas y el sistema ILS; pero la falla en las comunicaciones acreditan ineficiencias, por esto el sistema PAPI consolida la seguridad que el piloto requiere para aterrizar la aeronave.

El diseño de las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy; con estándares internacionales promoverá esporádicamente, el desarrollo y construcción de aeródromos en el Ecuador con tecnología factible a los servicios aeroportuarios que ofertan, y regidos a la eficiencia internacional. El país está impulsado el turismo; los usuarios de aeropuertos necesitan terminales aéreas adecuadas y totalmente funcionales durante las 24 horas del día. La propuesta, en su magnitud; contempla los posibles factores climáticos, geográficos y meteorológicos propios de la ciudad del Tena y la provincia de Napo.

4.3. Justificación

Un Sistema Electrónico de Luces PAPI, es preponderante implementarlo en la pista de aterrizaje del Aeropuerto Jumandy; no solo por ser una propuesta científica y técnica; también por ser un proyecto de ingeniería, totalmente social y de desarrollo, tanto para la terminal aérea, como para; la ciudad del Tena, la provincia de Napo y el turismo del Ecuador. Un Sistema Electrónico de Luces PAPI impulsará el tráfico aéreo de la región amazónica; mejorará el servicio aeroportuario civil, comercial y militar del aeródromo Jumandy, y brindará seguridad al piloto y la aeronave que requiera identificar, aproximarse y aterrizar en dicho aeropuerto.

Implementar un Sistema Electrónico de Luces PAPI es la mejor solución tecnológica a las exigencias aeronáuticas de la DGAC, la OACI y la FAA, además; a la necesidad de ingeniería que solicita la pista del Aeropuerto Jumandy, para funcionar en el día y sobre todo en la noche. La guía visual iluminada y la precisión que garantiza el sistema PAPI lo convierten en un componente fundamental para orientar la senda óptima de aproximación al aterrizaje, evitando un accidente fatal de la aeronave por la falta de pista, toma de contacto mal realizado, tren de aterrizaje liberado en el momento inadecuado, cabina del piloto o cola del avión; demasiadas elevadas o inclinadas.

El diseño de las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy, son un referente que complementa la implementación del Sistema Electrónico de Luces PAPI; su implementación sistemática harán que la terminal aérea, cumpla con la comunidad internacional de aviación, que se preocupa por las estrategias de calidad en la navegación aérea; y todo lo que amerita esta forma de transporte. Las Ayudas Visuales estarán graficadas en el plano Georeferenciado del Aeropuerto Jumandy, su diseño es consecuente con las características y parámetros que presiden su fabricación.

4.4. Objetivos

Los objetivos, a continuación, describen el propósito de este Trabajo de Graduación.

4.4.1 Objetivo General

- ✓ Implementar un sistema electrónico de luces PAPI (Indicador de Precisión de Pendiente de Aproximación) para la operatividad del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

4.4.2 Objetivos Específicos

- Puntualizar las etapas, parámetros y arquitectura necesaria para la implementación del sistema PAPI.
- Seleccionar los equipos del sistema PAPI, para solventar las necesidades geológicas, climatológicas y meteorológicas; propias de la región amazónica, particularmente, la ciudad del Tena.

- Definir el área técnica correcta para la implementación del Sistema Electrónico de Luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI).
- Documentar la configuración técnica, planos, diagramas y conexiones de los componentes del sistema PAPI.
- Diseñar un Plano Georeferenciado del Aeropuerto Jumandy, con las Ayudas Visuales respectivas, en base a estándares de la OACI, FAA y DGAC.
- Incrementar la seguridad, la operatividad y la flota de diseño; a partir de la implementación del sistema PAPI.
- Desarrollar un Manual de Mantenimiento para el sistema PAPI.
- Empezar la respectiva capacitación del personal aeroportuario, comprometido con el soporte y mantenimiento del sistema PAPI.

4.5. Análisis de Factibilidad

Los apartados siguientes de este Trabajo de Graduación, representan las instancias de factibilidad para el desarrollo de la propuesta.

4.5.1 Factibilidad Operativa

Las ventajas del sistema PAPI y las Ayudas Visuales son elevadas debido a que desarrollan mayor efectividad y eficacia en los procesos de identificación, localización, aproximación, aterrizaje, despegue, rodadura, estacionamiento y atraque de las aeronaves en un aeropuerto. Innegablemente mejoran la navegación aérea, promueven mayor tráfico de aviones durante todo el día, o en condiciones ambientales contraproducentes; y refrendan seguridad a la pista de aterrizaje de cualquier aeródromo.

4.5.2 Factibilidad Temporal

La factibilidad temporal estimada para la implementación del sistema PAPI, es el adecuado para hacer un levantamiento y estructuramiento del diseño de las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy, la colocación óptima de las unidades de iluminación PAPI; el sistema de potencia y distribución, además del sistema de control y monitoreo. Se contempla que el tiempo invertido concuerde con el tiempo de

aprobación y desarrollo del Trabajo de Graduación; aproximadamente seis meses, espacio suficiente para concluir con la propuesta.

4.5.3 Factibilidad Técnica

La propuesta es factible de manera técnica; debido a que la pista del Aeropuerto Jumandy cuenta con la configuración aeroportuaria idónea para la implementación del sistema PAPI, posee el equipamiento necesario, la subestación eléctrica, los ductos hacia la torre de control (TWR); además del sistema de control y monitoreo que vigila los sistemas de iluminación ya instalados en el aeródromo. La adición es el Sistema Electrónico de luces PAPI, su potencia y distribución, su sistema de comunicación, el sistema de respaldo y la vinculación al sistema de control y monitoreo de la TWR.

4.5.4 Factibilidad Económica

La propuesta del Sistema Electrónico de Luces PAPI tiene un visto bueno en su factibilidad económica, ya que la institución beneficiada; cuenta con el presupuesto necesario y gran parte de los materiales, adquiridos en su reciente reestructuración. El Aeropuerto Jumandy sabe que invertir en este proyecto, es promover la seguridad y operatividad en su pista de aterrizaje, mejorar sus servicios aeroportuarios y optimar su flota de diseño. El Administrador del Aeropuerto apoya la iniciativa, conoce el desarrollo que acompaña esta tecnología y está motivado con la implementación de la misma.

4.5.5 Proyección a Futuro

A partir de la implementación del Sistema Electrónico de Luces PAPI y el diseño de las Ayudas Visuales denotadas en normas internacionales, la proyección a futuro; tecnifica la flota de diseño, facilita la operatividad de la pista de aterrizaje en horarios nocturnos o con poca visibilidad, incrementa la seguridad en el tramo de aproximación y descenso de las aeronaves. A mediano y largo plazo, el Aeropuerto Jumandy; se convertirá en una verdadera terminal aérea internacional, cumpliendo con su misión y visión; además, tipificando el bienestar en su performance aeronáutica. [14]

4.6. Fundamentación Científico-Técnica

Los numerales siguientes; consecuentes a este apartado, representan la metodología, los procesos, técnicas, contextos y estrategias útiles para la implementación del Sistema PAPI. La Fig. 4.1 muestra un diagrama de bloques del diseño de las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy.

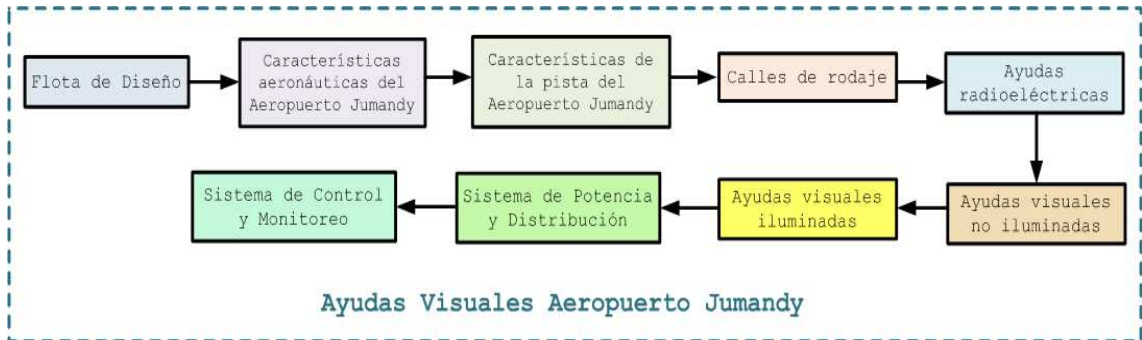


Fig. 4.1: Arquitectura Ayudas Visuales Aeropuerto Jumandy
Fuente. Información Aeropuerto Jumandy. [14]

4.6.1 Flota de Diseño

A continuación, se presenta la composición previsible de la flota para el horizonte máximo de acuerdo con las categorías OACI de aeronaves, y que se toma presumiblemente constante en un futuro próximo debido a que se espera mantener y mejorar la tipología del tráfico predominante en el aeropuerto. [13]

La Tabla 4.1 y la Fig. 4.2, muestran los porcentajes viables para la flota de diseño.

Tabla 4.1: Desglose de modelos previstos para la flota de diseño

Modelos Previsibles	Operaciones previsibles	Categoría OACI
Boeing B737-800	73 %	C
Airbus A320/321/319	9 %	C
Boeing B737-700/600/500	3 %	C
Boeing B767-200/300	1 %	D
Helicópteros	4 %	H
Resto de aviones A/B	10 %	A/B

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 1. [13].
Elaborado por. Renato Falconí

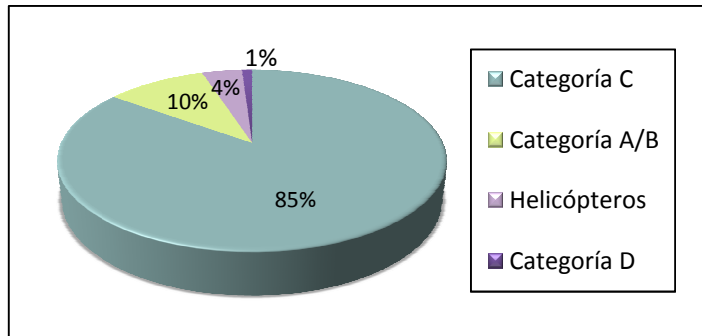


Fig. 4.2: Flota de diseño

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 1. [13].

Elaborado por. Renato Falconí

Demanda en hora punta: La prognosis de tráfico de pasajeros y aeronaves en horas punta para los años horizonte, se presenta en la Tabla 4.2. [14]

Tabla 4.2: Tráfico de pasajeros y aeronaves previstos en hora punta

Horizonte	Pasajeros hora punta	Aeronaves hora punta
2010	34	2
2015	120	4
2020	340	6

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].

Elaborado por. Renato Falconí

Atendiendo a esta previsión, y conociendo la composición de la flota que opera en el aeropuerto, se está en disposición de valorar la capacidad operativa máxima de la pista. Inicialmente, se determina el índice de mezcla existente; según la ecuación (1):

$$\text{Mix Index} = \%(C + 3D) \quad (1)$$

$$\text{Mix Index} = \%(85 + 3(1)) = 88\%$$

Ahora, se determina el número de operaciones/hora que es capaz de absorber un aeropuerto; en la Tabla 4.3 se visualiza la capacidad de dos pistas de aterrizaje, la capacidad horaria y el servicio anual que puede ofertar un aeródromo con este tipo de infraestructura aeroportuaria:

Tabla 4.3: Capacidad de dos pistas paralelas de aterrizaje

NO.	Runway-use Configuration	Mix Index % (C+3D)	Hourly Capacity Ops/Hr		Annual Service Volume Ops/Hr
			VFR	IFR	
L.	2 Pistas > 1.800x36 m ²	0 a 20	98	59	230,000
		21 a 50	74	57	195,000
		51 a 80	63	56	205,000
		81 a 120	55	53	210,000
		121 a 130	51	50	240,000

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 1. [13].
Elaborado por. Renato Falconí

Siguiendo los datos aportados en la Tabla 3.2 se establece la capacidad horaria a **53 operaciones/hora (27 una sola pista)**; a partir de lo recomendado por la OACI.

Mediante la implementación del sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI), en la pista del aeropuerto, se incrementará de forma sustancial la capacidad operativa horaria. En la nueva configuración de ayuda visual; la capacidad horaria se ampliará esporádicamente hasta llegar a **27 operaciones/hora**. Estableciendo el nuevo horizonte; los valores de demanda a largo plazo en hora punta, están reflejados en la Tabla 4.4. [14]

Tabla 4.4: Tráfico de pasajeros y aeronaves en hora punta en el nuevo horizonte

Horizonte	Pasajeros hora punta	Aeronaves hora punta
2015	680	10
2020	1360	20
2040	1836	27

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconí

Al establecer un cumplimiento en las normas recomendadas por la OACI estipulada en el Anexo 14 (Aeródromos, Volumen 1 “Diseño y operaciones de aeródromos”) y el Doc. 9157 AN/901 (Parte 4 Ayudas visuales, “Manual de diseño de aeródromos”); y la FAA en el Advisory Circular AC 150/5340-30 (“Design and Installation Details for Airport Visual Aids”); mejorará la operatividad del Aeropuerto Jumandy a **27 operaciones/hora** en semejanza a un aeropuerto internacional.

4.6.2 Características aeronáuticas del Aeropuerto Jumandy

El diseño de cada uno de los elementos expuestos a continuación se ha realizado de acuerdo a las normas técnicas de construcción y operación de aeropuertos; establecidos por las instituciones de normalización, regulación y control de terminales aéreas; como son la OACI, FAA y la DGAC. Con directriz a la implementación del sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI).

Clave de referencia: Atendiendo a la composición de la flota de diseño y las características geométricas y físicas de las aeronaves; la aeronave crítica de diseño es el Boeing B767-300, por lo que el Aeropuerto Jumandy tiene una clave de referencia **4D**.

Categoría del aeropuerto y clasificación de la pista por visibilidad: A razón de la clasificación de la pista por visibilidad; el Aeropuerto Jumandy tiene una pista de **Vuelo por Instrumentos (ILS)**, con una **Aproximación de Precisión**, convirtiéndose en un aeródromo de **Categoría II**. [14]

Punto de referencia del aeródromo: El Punto de Referencia del Aeropuerto (ARP) está marcado por el sistema de referencia horizontal (latitud y longitud), que se indica en la Tabla 4.5:

Tabla 4.5: Datos geográficos

Coordenadas	Emplazamiento
01°03'37"S 77°34'50"W	Centro pista 09/27
Elevación	Temperatura de referencia
377 metros	30 °C

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].

Elaborado por. Renato Falconí

Elevación del aeródromo: Se toma como referencia de elevación del aeródromo, la determinada para la instalación aeroportuaria y basada en el sistema de referencia vertical (MSL). Así, la elevación del Aeropuerto Jumandy es 377 m. [14]

Temperatura de referencia del aeródromo: La temperatura de referencia del Aeropuerto Jumandy, es la determinada para la instalación aeroportuaria. Por ello, la temperatura de referencia es de 30 °C. [14]

Altura de Decisión: En consecuencia a los datos geográficos y climatológicos, además; con el objetivo de permitir la operatividad del aeródromo en cualquier situación meteorológica previsible, se implementará el sistema PAPI; para permitir operaciones con una Altura de Decisión (DH) mínima de entre **30 y 60** metros.

Runway Visual Range: El Rango Visual de Pista (RVR), en la pista de aterrizaje del Aeropuerto Jumandy; se establece en un valor no inferior a **350 m**.

4.6.3 Características técnicas de la pista del Aeropuerto Jumandy

El Aeropuerto Jumandy, al tener una pista de gran extensión; está ubicado entre los principales aeropuertos del Oriente ecuatoriano. En este numeral se presentan las características físicas más relevantes de la misma.

Designadores de número de pista: Los designadores de número de pista, están estipulados en los extremos de la pista. Estos valores designadores de número de pista, se identifica en la Tabla 4.6:

Tabla 4.6: Características físicas de la pista

Designadores Número de pista	Dimensiones de pista	Superficie y Resistencia de pista
09	2500 x 45 m ²	Pavimento flexible
27	2500 x 45 m ²	PCN72/F/D/W/T

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconí

Longitud de pista: La aeronave en base a la flota de diseño con requisitos operacionales críticos, es el Boeing B767-300, con una distancia de despegue requerida de 2.400 m y una distancia de aterrizaje de 1.700 m; cantidades que satisface la pista del Aeropuerto Jumandy, cuya longitud es de 2.500 m. [14]

Emplazamiento del umbral: El umbral de pista está situado en el extremo de pista, ya que no se ha detectado ningún obstáculo que sobresalga por encima de la superficie de aproximación. [14]

Distancias declaradas: Las distancias declaradas para la dirección de pista de aterrizaje del Aeropuerto Jumandy, se presentan en la Tabla 4.7; atendiendo al emplazamiento de los umbrales y a la presencia de zonas libres de obstáculos. [14]

Tabla 4.7: Distancias declaradas

Número de pista	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
09	2.500	2.620	2.500	2.500
27	2.500	2.620	2.500	2.500

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].

Elaborado por. Renato Falconí

Anchura de pista: Atendiendo a la clave de referencia del aeródromo (4D), se determina que la anchura de la pista es de 45 m. Por tal razón, el Aeropuerto Jumandy está vigente a la recomendación de la OACI, FAA y la DGAC. [14]

Resistencia de los pavimentos: Para determinar la resistencia de los pavimentos en el Aeropuerto Jumandy, es importante conocer su estructura de construcción.

1.- Debido a las propiedades del pavimento flexible y al tipo de cargas generadas por las aeronaves tanto en movimiento (bien sea en rodaje o en carrera por la pista), como en la toma de contacto con la pista; el Aeropuerto Jumandy está construido con pavimento flexible en toda la pista y su margen; así como las calles de rodaje y sus márgenes, a excepción del puesto de estacionamiento aislado de aeronaves. Debido a la operación de la flota de diseño del aeropuerto, se sabe que el pavimento flexible presente en las áreas críticas (pista y calles de rodaje) está compuesto por tres capas, siendo su configuración final la mostrada en la Fig. 4.3. [14]

- a) Una sub-base estabilizada basada en una capa de cemento de 16 cm de espesor sobre el terreno. [14]
- b) Una base de firme asfáltico estabilizado, de 26 cm de espesor, situado sobre la cimentación. [14]
- c) Una capa de asfalto de 10 cm de espesor, sobre el firme. [14]

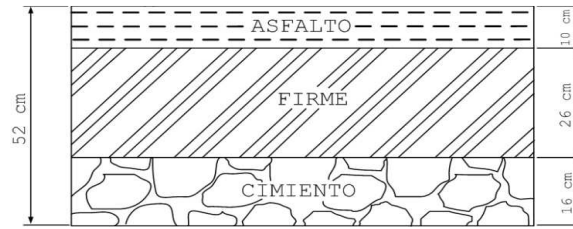


Fig. 4.3: Rebanada de pavimento flexible
Fuente. Información Aeropuerto Jumandy. [14]

Consta además de una capa de imprimación entre la capa de cimentación y el firme asfáltico, así como de una capa de adherencia entre la capa de firme y el asfalto. La resistencia de este pavimento es: **PCN72/F/D/W/T**. [14]

NOTA: En aquellas zonas no críticas, como son los márgenes de pista y calles de rodaje, se reducen las exigencias de resistencia debido a la menor probabilidad de circulación de una aeronave por encima de ellas, también está reducida la resistencia del pavimento y por tanto su espesor. Por ello, la capa de cimentación disminuye hasta los 16 cm, la de firme hasta los 20 cm, y la capa asfáltica tan solo es de 8 cm. [14]

2.- Debido a que la losa de hormigón tiene problemas de fisuración al recibir cargas dinámicas importantes, su utilización está restringida a aquellas zonas en que la circulación de las aeronaves se realiza a baja velocidad y donde las probabilidades de vertidos de combustibles y aceites es elevada, ya que estos líquidos atacan al pavimento flexible y provocan una aceleración en su degradación, por esto; el puesto de estacionamiento aislado de aeronaves, está construido de pavimento rígido. [14]

Según el análisis del impacto que supone el tráfico debido a la operación de la flota de diseño, la composición del pavimento rígido en el Aeropuerto Jumandy está basado en una losa de hormigón de 34 cm de espesor situada sobre una capa de cimentación de 12 cm, tal y como se puede apreciar en la Fig. 4.4. [14]



Fig. 4.4: Rebanada de pavimento rígido
Fuente. Información Aeropuerto Jumandy. [14]

Además, existe una lámina aislante entre capas a fin de mantener la estabilidad de la composición. La resistencia del pavimento rígido es: **PCN 108/R/B/W/T**. [14]

Espacio Aéreo ATS: El espacio aéreo ATS del Aeropuerto Jumandy, se muestra en la Tabla 4.8:

Tabla 4.8: Espacio Aéreo ATS

Designación y Límites Laterales	Clasificación Espacio Aéreo	Límites Verticales
Jumandy ATZ con RDO de 5 MN con centro en ARP	G	GND a 3.800 FT AMSL

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].

Elaborado por. Renato Falconí

Márgenes de pista: Los márgenes de la pista están preparados de manera que se reduce al mínimo el peligro que pueda correr una aeronave que se salga de la pista, así como de los vehículos terrestres que pudieran operar sobre ellos. Los márgenes están dispuestos de manera simétrica a cada lado de la pista de un margen con una anchura de 7,5 m; siendo, por tanto, la anchura total de pista y margen de 60 m. [13] y [14]

Franja de pista: El Aeropuerto Jumandy tiene extendida una franja 60 m antes del umbral hasta 60 m más allá del extremo de pista, con una anchura de 150 m a cada lado del eje de pista y de su prolongación a lo largo de la franja. Todo objeto situado en la franja de pista y que pueda constituir un peligro para los aviones debe considerarse un obstáculo y eliminarse. No se permite ningún objeto fijo en la franja dentro de una distancia de 60 m del eje de pista, ni ningún objeto móvil mientras se utilice la pista para aterrizar o despegar, a excepción de las ayudas visuales requeridas para fines de navegación aérea y que cumplan con los requisitos de frangibilidad. [13] y [14]

Áreas de seguridad de extremo de pista: En el Aeropuerto Jumandy, se provee un área de seguridad de extremo de pista en cada extremo de la pista que se extiende desde el extremo de la franja de pista hasta una distancia de 300 m, con una anchura de 150 m. Todo objeto situado en un área de extremo de pista, que pueda poner en peligro a los aviones, debe considerarse un obstáculo y eliminarse, a excepción del localizador ILS, que está ubicado en esta área. [13] y [14]

Zonas libres de obstáculos: Tiene una longitud de 240 m desde el extremo de pista, y se extiende lateralmente hasta una distancia de 75 m respecto a la prolongación del eje de la pista. Todo objeto situado en esta zona, que pueda poner en peligro a los aviones en vuelo se considerará como un obstáculo y se eliminará, a excepción de los equipos e instalaciones requeridos para fines de navegación aérea, que cumplan con los requisitos de frangibilidad y que se monten lo más bajo posible. [13] y [14]

Áreas de funcionamiento del radioaltímetro: El Aeropuerto Jumandy cumple con un área de funcionamiento de radioaltímetro en la zona anterior al umbral de pista, dicha área se extiende longitudinalmente 300 m antes del umbral y lateralmente, a cada lado de la prolongación del eje de pista hasta una distancia de 60 m. [13] y [14]

4.6.4 Calles de rodaje

En la Fig. 4.5, se presenta un arreglo simplificado del Aeropuerto Jumandy.

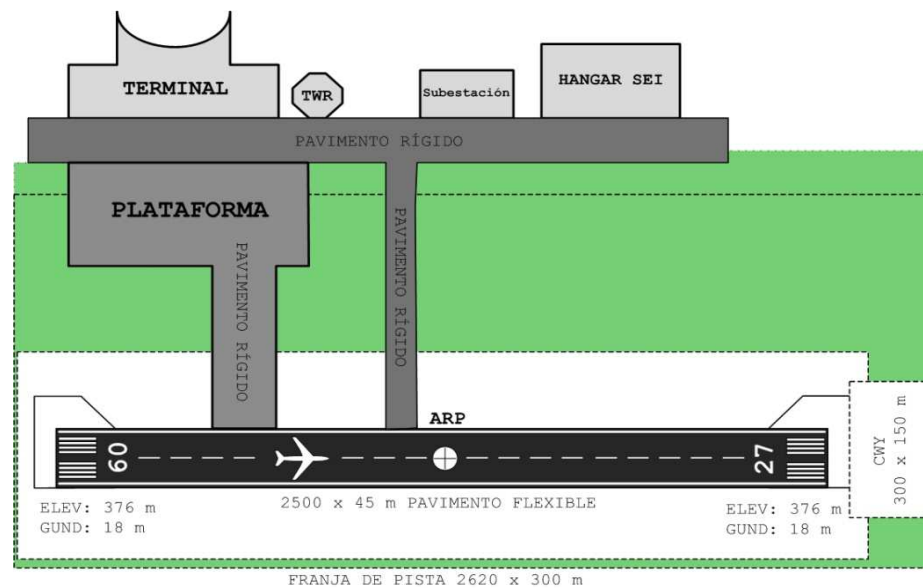


Fig. 4.5: Arreglo simplificado del Aeropuerto Jumandy
Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].

La OACI recomienda que se deba proporcionar calles de rodadura para garantizar el rodaje fluido y seguro por el aeródromo. En los casos en los que el final de pista no disponga de una calle de rodaje, deberá establecerse un área pavimentada para realizar el backtrack. En la Fig. 4.6 se distinguen las calles de rodaje, del Aeropuerto Jumandy, con su respectiva nomenclatura. [14] y [15]

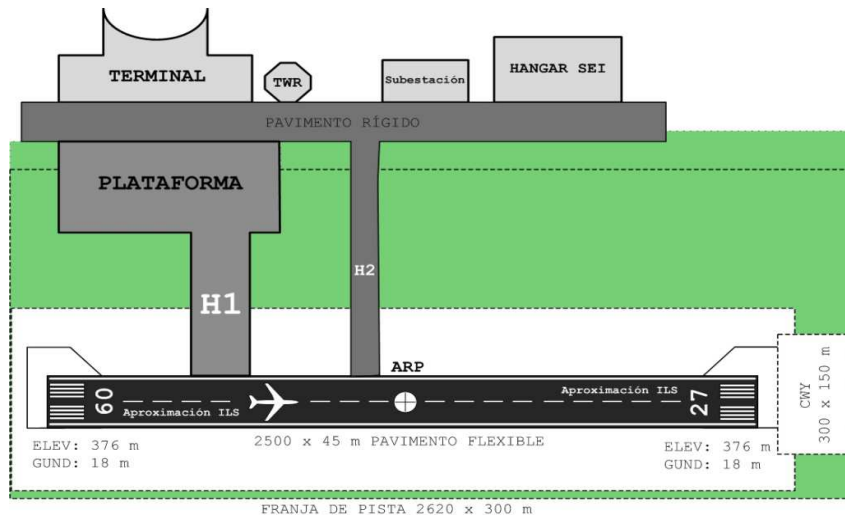


Fig. 4.6: Calles de rodaje y salida rápida del Aeropuerto Jumandy
Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].

- H1: Actúa como calle de rodaje de entrada y salida de pista.
- H2: Actúa como calle para el uso exclusivo de vehículos.

Anchura de las calles de rodaje: Atendiendo a la clave de referencia, se establece que la distancia libre existente entre el borde de la calle de rodaje y la rueda exterior del tren principal debe ser de 4,5 m. A su vez, atendiendo a las dimensiones características de la aeronave crítica de diseño, se determina un ancho de 23 m para H1; a excepción de H2, que es de 10,5 m. [14] y [15]

Distancias de separación de las calles de rodaje: La distancia de separación entre ejes de calle de rodaje paralelas (H1 con H2) es de 66,57 m. [14] y [15]

Márgenes de las calles de rodaje: Excepto para H2, se dispone de márgenes de calle de rodaje de 7,5 m de anchura, siendo por tanto, la anchura total de calle de rodaje y margen de 38 m; por otro lado, H2 no tiene implementado un margen de calle de rodaje. [14] y [15]

Franjas de las calles de rodaje: Todo terreno situado a lo largo de una calle de rodaje y hasta una distancia de 21,5 m para H2 y 40,5 m para H1, respecto al eje de calle de rodaje se considerará como franja de la calle de rodaje. Todo objeto que se encuentre en la franja de la calle de rodaje se considerará como obstáculo y se eliminará, a excepción de los equipos e instalaciones requeridos para fines de navegación aérea, que cumplan con los requisitos de frangibilidad y que se monten lo más bajo posible. [14] y [15]

4.6.5 Ayudas radioeléctricas para la navegación aérea

El Aeropuerto Jumandy tiene un sistema normalizado de radioayudas para la navegación basado en un sistema de aterrizaje por instrumentos ILS de categoría de actuación II. La Tabla 4.9 muestra dichas instalaciones de comunicaciones. [14]

Tabla 4.9: Instalaciones de Comunicaciones

Distintivo del Servicio	Distintivo de llamada	Frecuencia	Horas de funcionamiento	Observaciones
TWR	Jumandy torre	123.1 MHz	HJ	NIL
	Jumandy superficie	121.9 MHz	HJ	Control de superficie
		12.7 MHz	HJ	Alterna

Fuente: Información Aeropuerto Jumandy. [14].

Elaborado por: Renato Falconí

Los tipos de Radioayudas para la navegación y el aterrizaje de las aeronaves se muestran en la Tabla 4.10; además de otras características importantes. [14]

Tabla 4.10: Radioayudas para la navegación y el aterrizaje

Tipo de ayuda MAG VAR, tipo de OPS respaldadas (para VOR/ILS/MLS, se indica declinación)	ID	Frecuencia	Horas de funcionamiento	Coordenadas del emplazamiento de la antena transmisora	Observaciones
NDB	TNB	440 KHz	HJ	010358, 92S 0773421,09W	30,8° MAG/0,77 KM a RWY 27

Fuente: Información Aeropuerto Jumandy. [14].

Elaborado por: Renato Falconí

El sistema ILS cuenta con un sistema de antenas compuesto por el localizador y la trayectoria de planeo, de tal manera que se dispone de una senda de descenso de 3°, centrada con el eje de pista. La interferencia a las señales del ILS depende del medio ambiente alrededor de las antenas ILS y de las características de estas antenas. Cualquier objeto de grandes dimensiones, incluidos objetos móviles tales como vehículos o aeronaves pueden deteriorar la calidad de la señal transmitida de rumbo y trayectoria, por lo que se definen zonas que protejan las áreas de influencia de las antenas. [14]

Área crítica ILS: El localizador se sitúa a una distancia de 300 m en la prolongación del eje de pista antes del umbral de cada cabecera de pista. El área crítica del localizador formará un círculo de protección alrededor del localizador de 75 m de radio y, desde ahí, se extenderá hasta el umbral de pista en línea recta, con una anchura de 60 m a cada lado del eje de pista. [14] y [16]

Por otro lado, la antena de trayectoria de planeo se sitúa, para la pista 09, en el lado izquierdo de aproximación, mientras que para la pista 27 se ubica en el lado derecho, de tal manera que su área crítica no tenga influencia en el sistema de calles de rodaje. Cada antena de trayectoria de planeo se sitúa a 400 m del umbral de pista, y a una distancia de 60 m respecto al eje de pista. El área crítica, por tanto, cubrirá una superficie de 250 m de longitud desde la antena hacia el umbral de pista y desde el borde más cercano de pista hasta una distancia de 67,5 m respecto a la perpendicular del eje de pista. [14] y [16]

Área sensible ILS: Para el localizador, el área sensible se extiende desde la antena del localizador hasta el umbral de pista (300 m), con una anchura de 60 m a cada lado del eje de pista. Para la antena de trayectoria de planeo, el área sensible se extiende hasta los 825 m desde la antena y en el sentido de aproximación. [14] y [16]

4.6.6 Ayudas visuales no iluminadas para la navegación aérea

Este apartado del Trabajo de Graduación describe las respectivas ayudas visuales recomendadas por la OACI, la FAA y la DGAC; para el Aeropuerto Jumandy, según su infraestructura, categoría y clave de referencia.

Indicadores: La pista del Aeropuerto Jumandy posee un indicador de la dirección del viento, mediante una banda circular de 15 m de diámetro y 1,2 m de ancho, centrada alrededor del soporte del indicador y de color blanco. El indicador de la dirección del viento, está basado en una configuración de colores rojo y blanco y con luz de señalización de objeto. [14] y [17]

Señales: Para permitir la operatividad de la pista y las calles de rodaje durante horario diurno y nocturno, están trazadas todas las señales descritas a continuación con pintura y añadidos de material reflectante, procedente de un distribuidor certificado por la OACI y la FAA. [14] y [17]

- *Señal designadora de pista:* Las señales designadoras de pista son “09” y “27” y están situadas a 12 m de la señal de umbral. [14] y [17]
- *Señal de eje de pista:* Se dispone de señales de eje de pista a lo largo del eje longitudinal de la pista entre las señales designadoras de pista y a una distancia de 12 m de ellas. La señal de eje de pista consiste en una línea de trazos uniformemente espaciados. La longitud de un trazo más el intervalo es de 63,16 m. La longitud de cada trazo es de 32 m. La anchura de los trazos es de 0,90 m por tratarse de una pista de aproximación de Categoría II. [14] y [17]
- *Señal de umbral:* Se dispone de una señal de umbral por tratarse de una pista pavimentada de vuelo por instrumentos cuyo número de clave es 4 y está destinada al transporte aéreo comercial internacional. La señal de umbral consiste en una configuración de fajas longitudinales dispuestas simétricamente con respecto al eje de pista y ubicadas a 6 m del umbral. Para una pista de 45 m de anchura, el número de fajas es de 12. Cada una de las fajas tendrá una longitud de 30 m y una anchura de 1,80 m. La separación entre ellas será de 1,80 m a excepción de las fajas más próximas al eje de pista, donde el espaciado será el doble. [14] y [17]
- *Faja transversal:* Se dispone de una faja transversal a la señal de umbral de pista de 1,80 m de ancho para diferenciar con mayor claridad el umbral de pista con la parte pavimentada de la franja anterior al umbral y destinada a evitar la erosión por el chorro de motores de las aeronaves. [14] y [17]
- *Señal de punto de visada:* Se proporciona una señal de punto de visada en cada extremo de aproximación. La señal de punto de visada comienza a una distancia del umbral de 400 m y consiste en dos fajas de 45 m de longitud y 8 m de ancho, con un espaciado lateral entre sus lados internos de 18 m, coincidente con el espaciado lateral aplicado a la señal de zona de toma de contacto. [14] y [17]
- *Señal de zona de toma de contacto:* La señal de zona de toma de contacto consiste en pares de señales rectangulares, dispuestas simétricamente con respecto al eje de pista. Teniendo en cuenta una distancia de aterrizaje disponible, el número de pares de señales es de 6. Cada una de las fajas tiene una longitud de 22,5 m y 1,80 m de ancho, con un espaciado de 1,5 m entre fajas adyacentes. El espaciado lateral entre los lados internos de las fajas es igual al de la señal de punto de visada. Los pares de

señales se disponen espaciados longitudinalmente 150 m, salvo aquél par de señales que coinciden con la señal de punto de visada. [14] y [17]

- *Señal de faja lateral de pista:* La señal de faja lateral de pista consiste en dos fajas, dispuestas una a cada lado a lo largo del borde de pista, de manera que el borde exterior de cada faja coincide con el borde de pista. Cada señal de faja lateral de pista reside en una faja continua doble, con una anchura total de 0,90 m y un espaciado entre fajas de 0,30 m. [14] y [17]
- *Señal de eje de calle de rodaje:* La señal de eje de calle de rodaje se sitúa a 11,5 m respecto al borde de calle de rodaje, a excepción de H2, que no requiere de esta señal. La señal de eje de calle de rodaje tiene 0,15 m de ancho y es de trazo continuo.
- *Señal de faja lateral de calle de rodaje:* Consta de dos fajas que se extienden longitudinalmente una a cada lado del eje de calle de rodaje, de manera que el borde exterior de cada faja coincide con el borde de la calle de rodaje. Cada una de las fajas consiste en una faja doble continua, espaciadas 0,15 m y con una anchura total de 0,45 m. [14] y [17]
- *Señal de faja transversal de calle de rodaje:* Cada señal de faja transversal de calle de rodaje se ubica a 1,5 m del borde del margen de la calle de rodaje y tiene una anchura de 0,90 m. [14] y [17]

Señales de seguridad: Las siguientes señales enmarcan la protección y seguridad de los pilotos, personal y aeronaves que circundan el Aeropuerto Jumandy.

- *Señal de área anterior al umbral:* Se dispone de una señal de área anterior al umbral en los 60 m de la superficie pavimentada de protección contra la erosión de chorro de motor. La señal de área anterior al umbral consiste en trazos con forma de cuña, de 15 m de longitud y 30 m de ancho, con un grosor de línea de 0,90 m, y equiespaciados en 30 m. La señal de área anterior al umbral es de color amarillo. [14]-[17]
- *Señal de barra de parada:* La señal de barra de parada está ubicada de manera perpendicular al eje de calle de rodaje de entrada al puesto de estacionamiento con una separación de 2 m. La señal de barra de parada tiene una longitud de 6 m y una anchura de 0,30 m. [14] y [17]
- *Señales con instrucciones obligatorias:* Todas las señales con instrucciones obligatorias consisten en una inscripción en blanco con una altura de 4 m sobre un

fondo rojo rectangular y que se extiende 0,50 m más allá de los extremos de la inscripción, a excepción de la señal de NO ENTRY, en la cual el código de colores es el inverso. [14] y [17]

- *Señales de información:* Las señales de información se disponen transversalmente en la superficie de la calle de rodaje de manera que puedan leerse desde el puesto de pilotaje de la aeronave. [14] y [17]

4.6.7 Ayudas visuales iluminadas para la navegación aérea

En relación al conjunto de dispositivos luminosos que se presentan a continuación, cabe destacar que todos aquellos que se encuentren situados sobre una estructura de soporte, bien sean luces elevadas de pista o de calle de rodaje, serán frangibles, y su altura; lo suficientemente baja para respetar la distancia de guarda de las hélices y barquillas de los motores a reacción. Todos aquellos dispositivos luminosos empotrados en la superficie de pista y calles de rodaje están dispuestos de manera que soporten el paso de las ruedas de las aeronaves sin que se produzcan daño a la aeronave, ni a las luces.

Todos los sistemas de iluminación de gran intensidad cuentan con reguladores de intensidad adecuados que permiten ajustar la intensidad de las luces según las condiciones presentes en cada momento. Las luces instaladas en el campo de vuelos del Aeropuerto Jumandy proceden del fabricante **YOUYANG**, con certificado OACI a fin de garantizar que la intensidad efectiva, la cobertura del haz de luz y su color; sean el apropiado según lo establecido por normativa en cada condición meteorológica.

Zonas de vuelo protegidas ante emisiones láser: Para proteger la seguridad de las aeronaves de los efectos peligrosos de los emisores láser visibles, se establecen alrededor del aeródromo y de la pista las siguientes zonas protegidas:

- *Zona de vuelo sin rayos láser (LFFZ):* Zona de vuelo centrada, que se extiende lateralmente hasta 3.700 m respecto al eje de pista, y que se prolonga hasta los 9.300 m en cada extremo de pista, donde la irradiación máxima permitida es de $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. [14] y [17]
- *Zona de vuelo crítica de haz láser (LCFZ):* Zona de vuelo circular centrada en el ARP del Aeropuerto Jumandy, con radio de 18.500 m y hasta una altura de 2.400 m

sobre el aeródromo, donde el nivel máximo de irradiación permitido es de $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. [14] y [17]

- *Zona de vuelo sensible a haz láser (LSFZ):* Zona de vuelo circular centrada en el ARP del Aeropuerto Jumandy, con radio de 25.000 m y hasta una altura de 2.400 m sobre el aeródromo, donde el nivel máximo de irradiación permitido es de $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. [14] y [17]

Sistema de iluminación para la aproximación y navegación: En el sistema de iluminación de aproximación y de navegación están integrados los siguientes sistemas de luces mostrados en la Fig. 4.7, y representa la iluminación para la aproximación y navegación en la pista del Aeropuerto Jumandy:

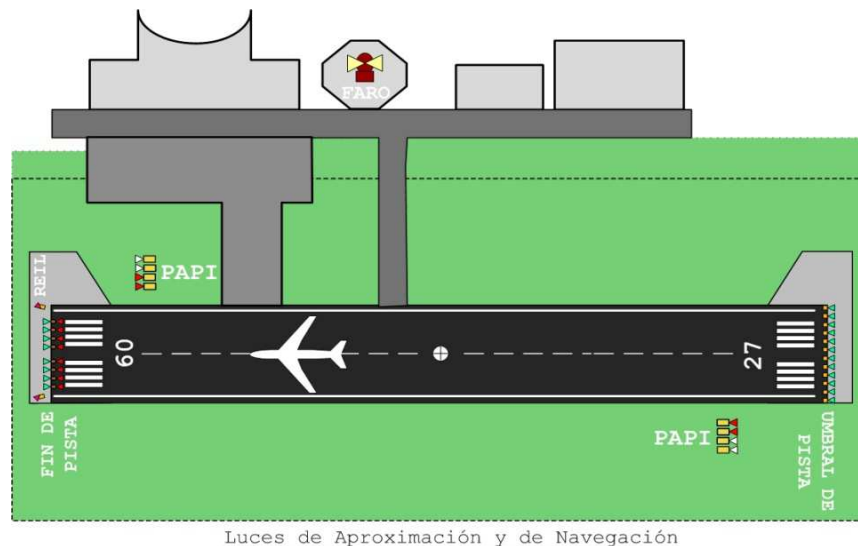


Fig. 4.7: Sistema de iluminación para la aproximación y navegación
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [17]. Aeropuerto Jumandy

- *Faro de Aeródromo:* El faro de aeródromo está emplazado en la torre de control (TWR) del Aeropuerto Jumandy, reproduce destellos blancos en una frecuencia de 30 destellos por minuto y a una intensidad efectiva de 2.500 cd. [14] y [17]
- *Luces de umbral de pista:* A fin de complementar la instalación del sistema de luces de borde de pista, el Aeropuerto Jumandy tiene equipada la pista con luces de umbral. Están emplazadas las luces de umbral en una fila perpendicular al eje de la pista y a una distancia de 1 m del extremo de pista. Las luces están espaciadas uniformemente en 2,8 m. Cada una de las luces de umbral es fija unidireccional en el sentido de aproximación y de color verde. [14] y [17]

- *Luces de fin de pista:* Las luces de fin de pista o extremo de pista completan el sistema de luces de borde de pista. Las luces de extremo de pista están emplazadas en la misma localización que las luces de umbral de pista y con un espaciado uniforme de 5,6 m. Cada una de las luces son fijas unidireccionales en la dirección de la pista y de color rojo. [14] y [17]
- *Sistema PAPI (L-880):* El sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI), se describe en forma particularizada en los apartados 4.7 y 4.8. [14] y [17]

Sistema de iluminación en la pista: En la Fig. 4.8 se representa los sistemas de iluminación que componen la ayuda visual en la pista del Aeropuerto Jumandy:

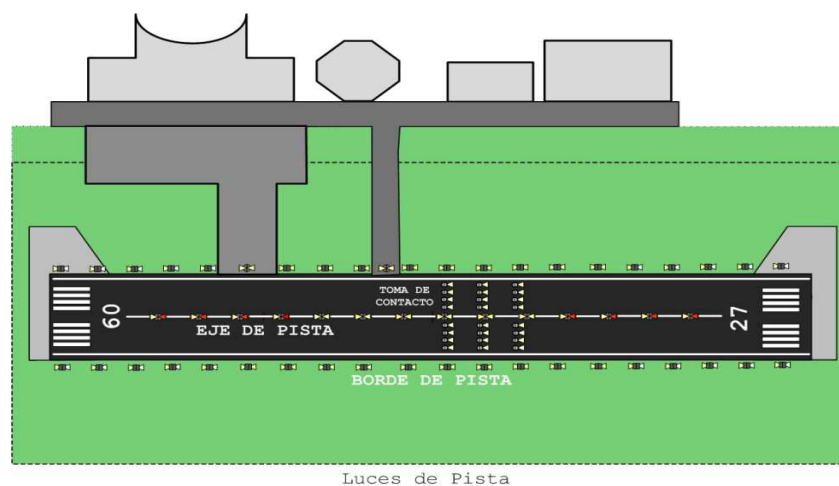


Fig. 4.8: Sistema de iluminación en la pista

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [17]. Aeropuerto Jumandy

- *Luces de eje de pista:* Deben ser emplazadas a lo largo del eje de la pista desde el umbral hasta el extremo, con un espaciado longitudinal de 14,3 m. Las luces de eje de pista serán luces fijas de color blanco variable desde el umbral hasta el punto situado a 900 m del extremo de pista; luces alternadas de colores rojo y blanco variable desde 900 m hasta 300 m del extremo de pista, y de color rojo desde 300 m hasta el extremo de pista. [14] y [17]
- *Luces de borde de pista:* En el Aeropuerto Jumandy, están emplazadas a lo largo de la pista en dos filas paralelas y equidistantes del eje de pista. Cada una de estas luces está situada a 1 m del exterior del borde de pista. Se espacian uniformemente en filas, a intervalos de 50 m, y dispuestas en líneas perpendiculares al eje de la pista. De esta

manera, durante los primeros 2.000 m de pista, las luces de borde de pista son de color blanco variable, mientras que en los 500 m del extremo de pista, las luces son de color amarillo. Las luces de borde de pista son visibles desde todos los ángulos de azimut que se necesiten para orientar al piloto que aterrice o despegue. [14] y [17]

- *Luces de toma de contacto:* Se diseñarán las luces (TDZ) en la zona de toma de contacto. Se extenderán desde el umbral hasta una distancia longitudinal de 900 m. Su diseño estará dispuesto en forma de filas de luces colocadas simétricamente respecto al eje de pista. El espaciado lateral entre filas será de 18 m y el longitudinal de 30 m. Cada fila constará de tres o cuatro luces con un espaciado entre las mismas de 1,5 m. Las luces de zona de toma de contacto serán fijas unidireccionales en el sentido de aproximación de color blanco variable. [14] y [17]

Sistema de iluminación en las calles de rodaje: La Fig. 4.9 representa el sistema de iluminación diseñado para las calles de rodaje del Aeropuerto Jumandy:

- *Luces de eje de rodaje:* Las luces de eje de calle de rodaje se debe emplazar sobre las señales de eje de calle de rodaje con un espaciado longitudinal de 15 m. Las luces de eje de calle de rodaje serán, para las calles de rodaje que no son calles de salida de pista, fijas de color verde, mientras que las luces de eje de calle de rodaje de una calle de salida de pista serán alternativamente de color verde y amarillo desde su comienzo cerca del eje de la pista hasta el borde inferior de la superficie de transición interna, siendo amarilla la luz más cercana a este borde, y seguidamente todas las luces serán de color verde. [14] y [17]

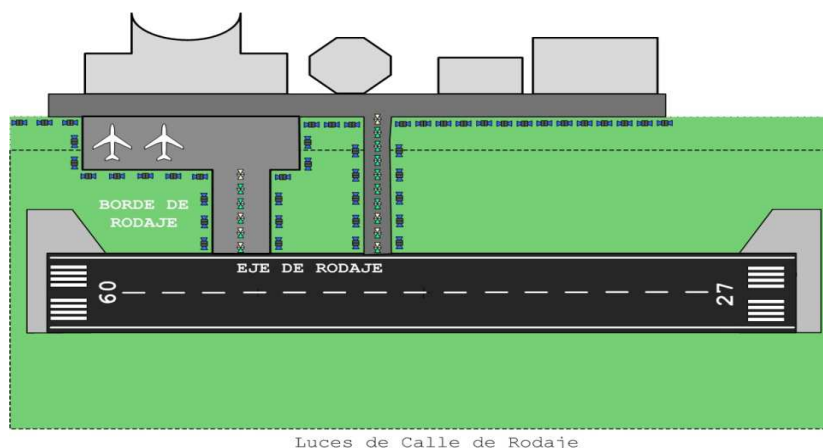


Fig. 4.9: Sistema de iluminación en las calles de rodaje
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [17]. Aeropuerto Jumandy

- *Luces de borde de rodaje:* Deben ir situadas las luces de borde de calle de rodaje con un espaciado longitudinal uniforme de 60 m. Las luces de borde de calle de rodaje se diseñarán a 1 m del borde de la calle de rodaje. Serán fijas de colores azules y visibles desde todos los ángulos de azimut necesarios para proporcionar guía a los pilotos, aunque se apantallarán en las intersecciones en las que se puedan confundir con otras luces. [14] y [17]
- *Barra de Parada:* Las barras de parada deben ir colocadas transversalmente en la calle de rodaje, a lo largo del punto de espera de la pista y a una distancia de 0,3 m antes de éstas. Las barras de parada consisten en luces de color rojo que son visibles en los sentidos previstos de aproximación hacia la pista, y son espaciadas a intervalos regulares de 3 m, quedando siempre a menos de 3 m del borde de calle de rodaje. Se diseñarán las barras de parada de tal manera que, cuando se encienda la barra de parada, las luces de eje de calle de rodaje diseñadas más allá de la barra de parada se apaguen hasta una distancia de 90 m. Por ello, se interconectarán las barras con las luces de eje de calle de rodaje, para que funcionen en forma alternada. [14] y [17]

Letreros y cono de viento: La Fig. 4.10 representa los letreros de señales y el cono de viento del Aeropuerto Jumandy:

- *Cono de Viento:* El Cono de viento del Aeropuerto Jumandy está fabricado en tela reforzada, de color tomate fosforescente; tiene una longitud de 3,7 m y un diámetro de 1,70 m, está ubicado en la parte derecha de la pista de aterrizaje del aeródromo.

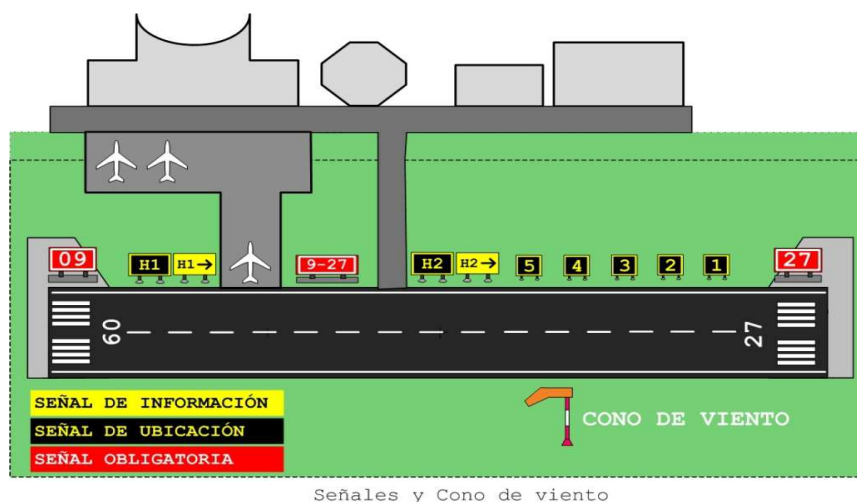


Fig. 4.10: Señales y cono de viento

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [17]. Aeropuerto Jumandy

- *Letreros:* Se diseñarán letreros con instrucciones obligatorias únicamente para la designación de pista; y letreros de información para la dirección en las calles de rodaje, además de la ubicación en la pista de aterrizaje. Los letreros de salida de pista se ubicarán en el mismo lado de la pista que las salidas y a una distancia de 60 m respecto al punto de tangencia con la salida, a excepción de H2, en que esta distancia será de 30 m. Cada letrero de salida de pista contendrá el designador de la calle de rodaje de salida y una flecha que indique la dirección a seguir. [14] y [17]

4.6.8 Sistema de Potencia y Distribución

La Fig. 4.11 representa el sistema de potencia y distribución para las ayudas visuales, sistemas electrónicos e iluminación del Aeropuerto Jumandy:

Generalidades: La existencia de un sistema eléctrico es para generar una alimentación continua de las luces y letreros pertenecientes a cada uno de los sistemas de iluminación. Cada uno de los sistemas de iluminación dispone de 2 circuitos independientes diseñados de tal manera que una falla en uno de los circuitos no implique la pérdida total de la indicación lumínica hasta su restablecimiento, ya que la disposición de la conexión del circuito alternativo mantendrá visible la ayuda visual con la configuración de luces correcta. [14] y [18]

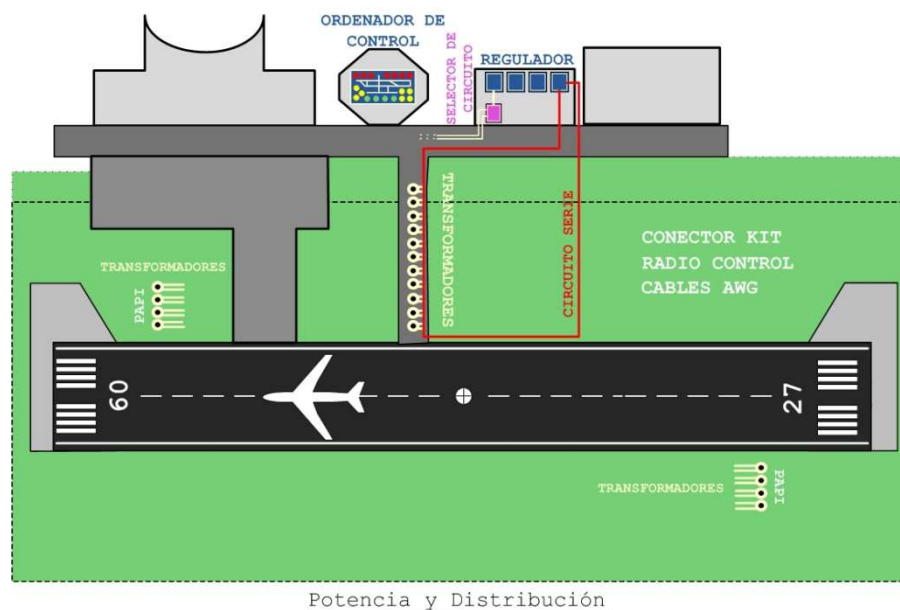


Fig. 4.11: Sistema de potencia y distribución
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18]. Aeropuerto Jumandy.

Elementos del sistema eléctrico y distribución: A continuación, se presentan los elementos necesarios en la configuración de cada uno de los circuitos eléctricos, y que procederán de fabricantes certificados por la OACI y FAA:

- *Subestación Eléctrica:* Tiene la finalidad de contener los reguladores de cada uno de los circuitos eléctricos presentes en la zona. Cada sub-estación eléctrica se conectará al circuito de alta tensión procedente de la central eléctrica del aeropuerto en configuración anular, de tal manera que el corte de suministro en la sub-estación eléctrica no implique el apagado del resto de sub-estaciones. [18]
- *Reguladores de Corriente Constante:* Cada uno de los reguladores situados en la subestación eléctrica se encargará de alimentar los circuitos eléctricos en configuración serie a una intensidad constante de 6,6 A; así como de controlar, detectar y corregir cada una de las fluctuaciones tanto en la señal enviada como en cada luz del circuito, con un tiempo de regulación de 0,3 seg; inferior al segundo de margen máximo de conmutación permitido. [18]

NOTA: El equipo fundamental que gobierna el comportamiento de las ayudas visuales del campo de vuelo, son los Reguladores de Corriente Constante (RCC). Estos dispositivos eléctricos alimentan los sistemas de iluminación; mediante el gobierno de escalones de intensidad constante, estandarizados a nivel internacional que se denomina brillo. El aumento de brillo o su disminución corresponde a un aumento o disminución de las intensidades constantes que circulan por el campo de vuelo, y conllevan como efecto final el aumento o disminución de las intensidades lumínicas de las ayudas visuales. La Tabla 4.11 muestra el brillo dependiendo de la intensidad lumínica. [18]

Tabla 4.11: Brillo dependiendo de la intensidad lumínica

Número de brillo	Intensidad nominal de salida del regulador (Amperios rms)	Margen tolerable (Amperios rms)
1	6,60	6,50 – 6,70
2	5,20	5,40 – 5,60
3	4,10	4,00 – 4,20
4	3,40	3,30 – 3,50
5	2,80	2,70 – 2,90

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

Elaborado por: Renato Falconí

La topología empleada para la conexión de los RCC en campo, corresponde con una instalación tipo serie; como se muestra en la Fig. 4.12. [18]

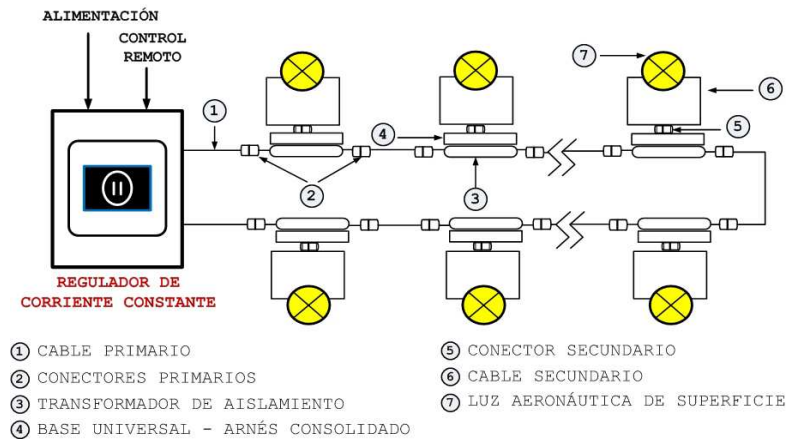


Fig. 4.12: Circuito serie
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

La conexión se realiza mediante un circuito en serie, para poder así mantener una intensidad constante en todas las luces, independientemente de la longitud del circuito y de la carga de luz asociada; así como de las pérdidas en cable primario o secundario. En el caso de que se produjese un circuito abierto en el secundario se fundiera el filamento de una lámpara, no afectaría al funcionamiento del circuito, ya que el regulador ajustaría la tensión para poder mantener la intensidad constante estandarizada (nivel de brillo) en el circuito. La Fig. 4.13 representa un esquema de conexión entre varios sistemas de iluminación y sus respectivos RCC o Constant Current Regulator (CCR). [18]

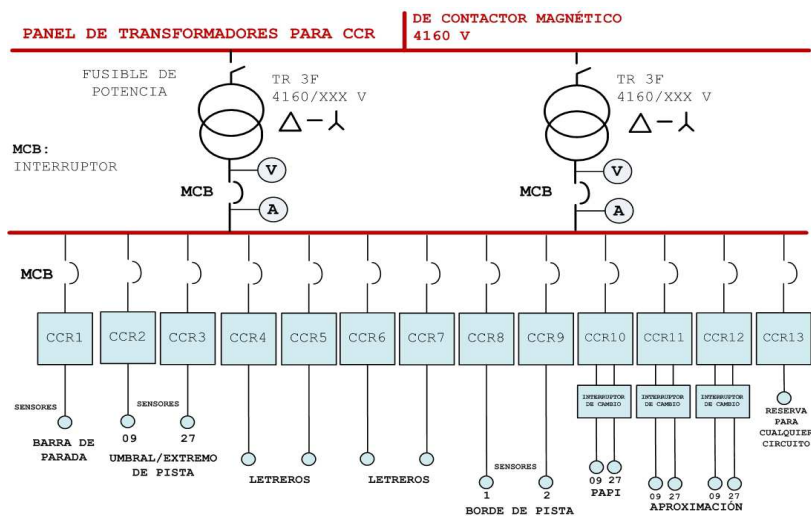


Fig. 4.13: Panel de transformadores para CCR de contactor magnético
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

- *Cable Primario:* Tendrá como función transportar la señal emitida por cada regulador a los transformadores de intensidad de cada una de las luces del circuito. Se trata de un cable de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y recubrimiento de policloruro de vinilo (PVC), con capacidad suficiente para soportar tensiones superiores a 5 kV e intensidades de 6,6 A. [18]
- *Transformadores de Intensidad:* Se coloca un transformador de intensidad en la salida de cada luz con la finalidad de aislar cada lámpara de bajo voltaje del circuito primario de alto voltaje, así como de mantener la continuidad del circuito en serie del primario a pesar de una posible luz fundida. También conocido como Transformador de Aislamiento, posee tres conectores, dos de ellos (hembra – macho) se conectan al circuito de conexión en serie y el otro alimenta a la lámpara. [18]
- *Cable Secundario:* El cableado secundario es aquel que conecte cada lámpara con su transformador de intensidad correspondiente. Se tratará de un cable de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de goma de etileno-propileno y recubrimiento de policloruro de vinilo (PVC), con capacidad suficiente para soportar tensiones del orden de 10 V e intensidades de 6,6 A. [18]
- *Lámparas:* Son las fuentes emisoras de energía lumínica, cuya característica principal es trabajar en función de la corriente, por lo general son de tipo halógeno.

Teoría básica de los circuitos serie: El objetivo es mantener las luces con una intensidad luminosa similar, al evitar el efecto de la caída de voltaje, en la Fig. 4.14 se muestra la configuración de los transformadores con el gabinete de CCR's. [18]

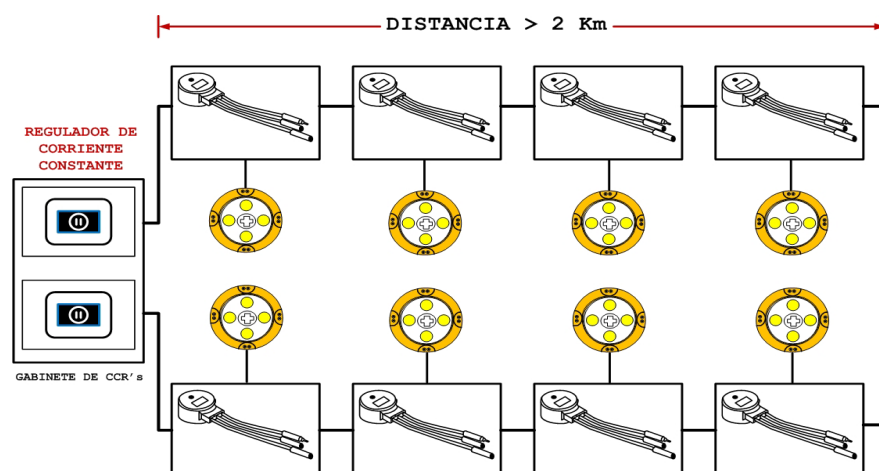


Fig. 4.14: Configuración de los transformadores con el gabinete de CCR's
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

Además de mantener la intensidad luminosa, la conexión en serie permite mantener el brillo de las luces al compensar el envejecimiento de las lámparas incandescentes. Como se muestran en las curvas de actuación del voltaje y la corriente en circuito serio o paralelo de la Fig. 4.15. [18]

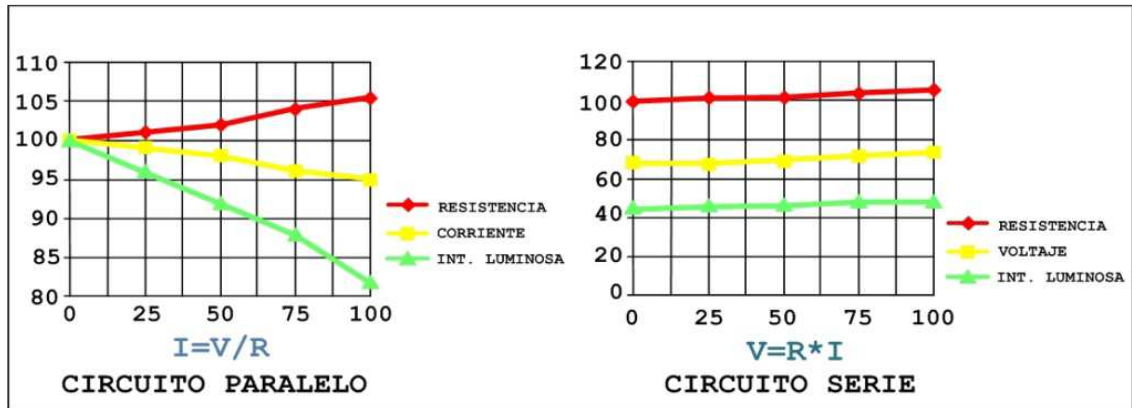


Fig. 4.15: Corriente y voltaje en circuitos serie y paralelo
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

En la Fig. 4.16 se visualizan los cálculos de alta tensión y baja tensión para la operatividad de los sistemas de luces:

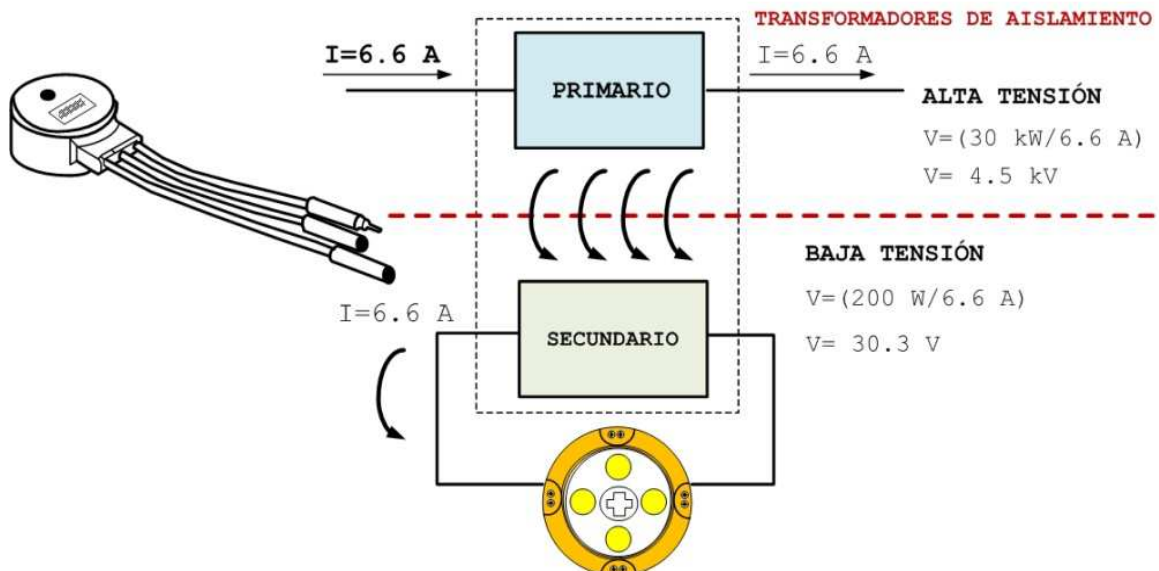


Fig. 4.16: Cálculos de alta tensión y baja tensión
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

La mayoría de sistemas de iluminación colocados en un aeropuerto se sigue un emplazamiento semejante al de la Fig. 4.17; en la que, se visualiza la colocación universal de la base para una unidad de iluminación. [18]

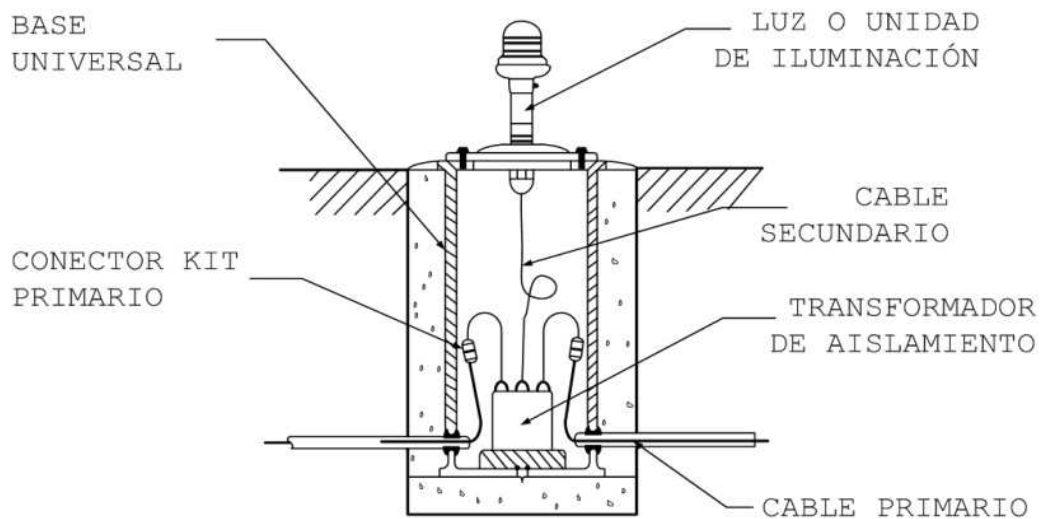


Fig. 4.17: Instalación típica y bases universales
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].

NOTA: En la instalación de las unidades PAPI, se seguirá el mismo procedimiento de colocación de la base para cada luz.

Requisitos de alimentación de cada uno de los circuitos eléctricos: A continuación, se presenta el dimensionado previo de cada circuito eléctrico destinado a iluminar los sistemas asociados a la pista. La selección de los reguladores de intensidad vendrá determinada por el tipo de lámparas instaladas en cada uno de los sistemas de iluminación. En la Tabla 4.12 se presentan las potencias seleccionadas para cada una de los sistemas de iluminación:

Tabla 4.12: Potencia de luces de pista

Sistema de luces	Potencia [W]
Sistema de aproximación	150
Umbral de pista	150
Extremo de pista	65
PAPI	200
Borde de pista	150
Eje de pista	65

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].
Elaborado por. Renato Falconí

Por tanto, en la Tabla 4.13 se determinan los requisitos de potencia necesarios para cada uno de los reguladores de intensidad:

Tabla 4.13: Potencia requerida para los RCC

ID	Circuito eléctrico	Potencia regulador [kVA]
C1	Sistema de aproximación pista 27	25
C2	Sistema de aproximación pista 09	25
C3	Umbral de pista 27	4
C4	Extremo de pista 09	4
C5	Umbral de pista 09	4
C6	Extremo de pista 27	4
C7	PAPI 27	2,5
C8	PAPI 09	2,5
C9	TDZ 27	25
C10	TDZ 09	25
C11	Borde de pista	25
C12	Eje de pista	20

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18].
Elaborado por. Renato Falconí

NOTA: Es recomendable seguir el mismo procedimiento de análisis para hallar los requisitos de potencia necesarios para cada uno de los reguladores de intensidad asociados a los circuitos eléctricos de los sistemas de iluminación para calles de rodaje.

4.6.9 Sistema de control y monitoreo

En esta especificación se describen los aspectos generales relacionados con el sistema de control computarizado del Aeropuerto Jumandy. La Fig. 4.18, representa la ubicación del sistema de monitoreo (HMI) y ordenador de control para utilidad del Sistema Electrónico de Luces PAPI.

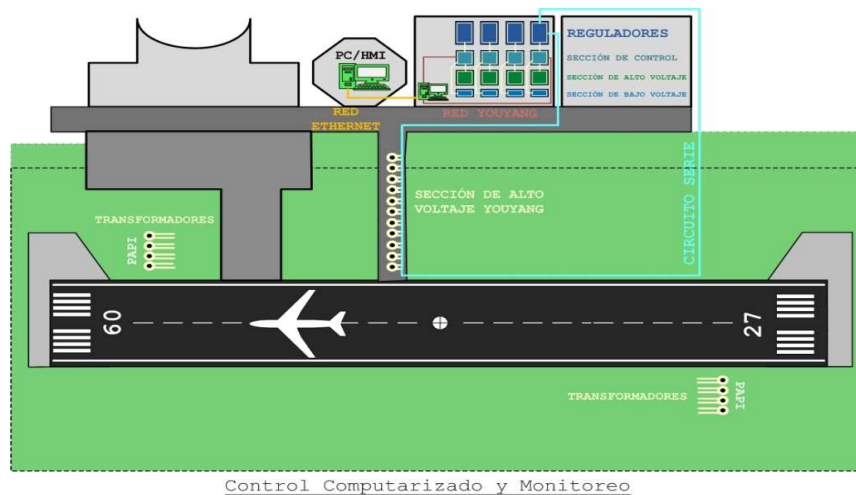


Fig. 4.18: Sistema de control y monitoreo computarizado
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. [18]

Características Generales: El sistema de comunicación entre la subestación eléctrica y la TWR; está constituido por una red Ethernet; cuya utilidad es para la transferencia de datos. El sistema de control computarizado opera en la plataforma de sistema operativo Windows; en forma distribuida y también opera con una red redundante. [19]

- La Norma especificada para el sistema es: FAA L-890. AC150/5345-56A. Especificaciones para Sistemas de Control y Monitoreo. [19]
- La programación del sistema estará basada en una aplicación del software SCADA, exclusivamente desarrollada para el control remoto de las ayudas visuales de un aeropuerto, el fabricante YOUYANG certificado por la OACI, provee de este sistema de control computarizado. [19]

4.7. Sistema Electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I)

Esta sección del Trabajo de Graduación describe detalladamente el desarrollo científico y teórico para la implementación del sistema PAPI.

4.7.1 Arquitectura general del Sistema Electrónico de Luces PAPI

El Sistema Electrónico de Luces PAPI, está constituido con el siguiente diagrama de bloques; según la Fig. 4.19.

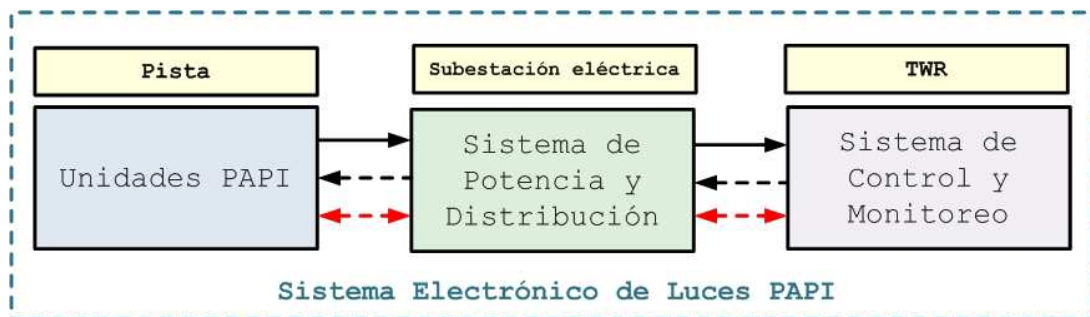


Fig. 4.19: Arquitectura general del Sistema Electrónico de Luces PAPI
Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

4.7.2 Arquitectura detallada del Sistema Electrónico de Luces PAPI

Para la implementación del sistema PAPI, se ha cumplido con la metodología mostrada en el diagrama de bloques de la Fig. 4.20.

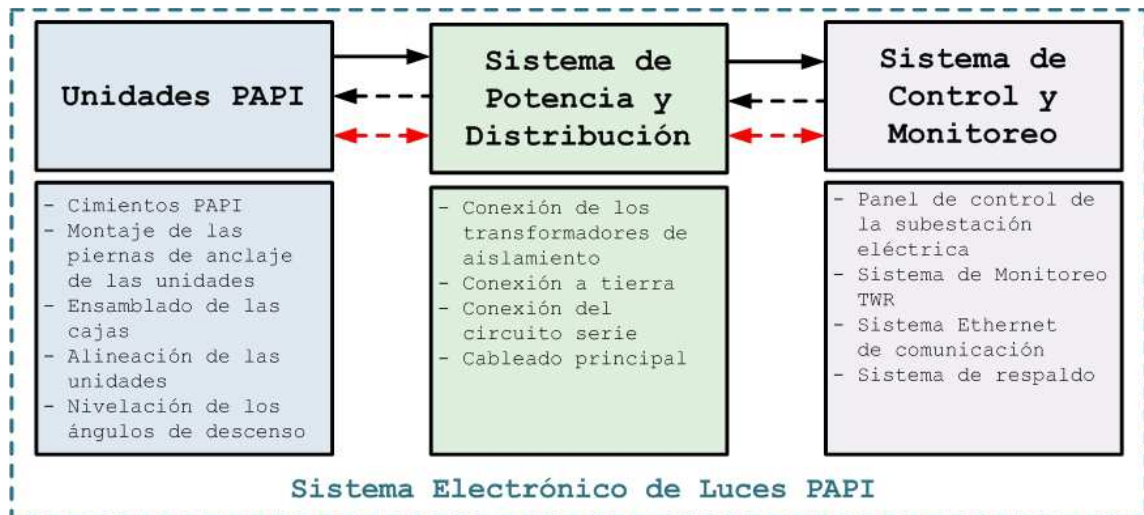


Fig. 4.20: Arquitectura detallada del Sistema Electrónico de Luces PAPI
Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

4.7.3 Selección de equipos para el Sistema Electrónico de Luces PAPI



Este apartado muestra una breve descripción y comparativa técnica entre los principales componentes utilizados para la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI, mismos que se disertan de la siguiente manera: Regulador de Corriente Constante (RCC), unidad de iluminación PAPI, transformador de aislamiento y kit de conectores primario y secundario.



Entre los principales fabricantes y proveedores de equipos y suministros para sistemas de iluminación en aeropuertos; que tienen certificación internacional otorgada por la OACI y la FAA, se ubican:

- Flight Light Inc. (Estados Unidos).
- YOUYANG Airport Lighting Equipment Inc. (Korea).
- ATG Airports (Canada).
- AVIATEK ADB Airfield Solutions (Bélgica, Estados Unidos).
- COOPER Crouse-Hinds (Estados Unidos).
- THORN Airfield Lighting (Hong Kong).
- Aerolighting S.A. (Estados Unidos).

Las tablas desde la Tabla 4.14 hasta la Tabla 4.17 indican la interpretación comparativa entre los principales equipos del Sistema Electrónico de luces PAPI.

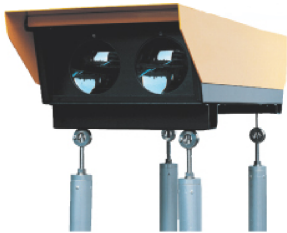

Tabla 4.14: Cuadro comparativo Reguladores de Corriente Constante (RCC)



Regulador de Corriente Constante	Tecnología	Características	Ventajas
<p>YOUYANG</p>  <p>YCR 5000</p>	<p>Regulador de Corriente Constante por Microprocesador</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. ▪ FAA: AC 150/5345-10, L-829. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control de fase por tiristor. • Voltaje de entrada monofásico 220 V/60 Hz y corriente de salida 6,6 A. • Control remoto serial doble línea RS-485. • Humedad de 10 a 95%. • Rango de temperatura de operación de 0 °C a + 55 °C. • Control de eficiencia mayor 90% en la entrada nominal y plena carga. • Regulación de la corriente de salida 1%. • Factor de potencia mayor 90% en la entrada nominal y plena carga. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unidad independiente. • Brillo de paso: 7 pasos ajustables (1, 3, 5 o 7 pasos). • Ventilación natural de aire refrigerado. • Monitoreo de sobre corriente y circuito abierto. • Monitoreo de falla de fusibles y pérdida de potencia de la entrada. • Monitoreo de fallo de lámpara y falla a tierra. • Instalación estructurada. • Aceptable para ambientes de altos valores de humedad y temperatura. • Protección IP54 y gabinete para fácil mantenimiento.
<p>FLIGHT LIGHT INC</p>  <p>Micro 100 CCR</p>	<p>Controlado por Microprocesador</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. ▪ FAA: AC 150/5345-10, L-829. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control por tiristores de potencia. • Clasificación de corriente de salida desde 6, 6.6, 12 y 20 A. • Control remoto digital 24 o 48 Vdc y analógico. • Comunicación serie (opcional) Protocolo RS485. • Rango de temperatura de operación de -10 °C a + 50 °C. • Para un rango de humedad relativa de 10% a 90%. • Pre-programado con los parámetros por defecto de funcionamiento para la mayoría de aplicaciones. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla micro-controlada. • No compatible con equipo de cambio de lámpara. • Ventilación natural de aire refrigerado. • Detección de fallos de lámpara y detección de falla. • Control preciso de la corriente de salida. • Circuito de salida aislado de la red eléctrica y control analógico de alta velocidad y bucle de protección. • Costes de ciclo de vida elevado. • Control de brillo hasta 8 pasos.

<p>ATG AIRPORTS</p>  <p>MAX POWER</p>	<p>Regulador ferro magnético</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. ▪ FAA: AC 150/5345-10, L-828, L-829. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control por tiristores de potencia. • Corriente de salida de 6.6 y 20 A. • De 3 Km para control remoto a 120 V. • Compartimiento de alta tensión por separado.. • Rango de temperatura de operación de -40 °C a + 55 °C. • Pre-programado con los parámetros por defecto de funcionamiento para la mayoría de aplicaciones. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fiable de larga vida con bajo coste de ciclo de vida. • Auto-protégida contra sobrecargas y cortocircuitos de carga. • No hay armónicos perjudiciales. • Fácil mantenimiento. • Enfriado por aceite. (sin PCBs). • Predecible, sin electrónica compleja. • Eficiencia de 90% mínima. • Encendido y apagado suave. • Cinco niveles de brillo.
<p>AVIATEK ADB</p>  <p>MCR3</p>	<p>Controlado por Microprocesador</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. ▪ FAA: AC 150/5345-10, L-828, L-829. ▪ IEC 61822. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulador con tiristor. • Clasificación de corriente de salida desde 6.6 y 20 A. • Control remoto digital 24, 48 o 60 Vdc. • Rango de temperatura de operación de -20 °C a + 55 °C. • Se adapta a las luces LED, de nueva tecnología. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulado y controlado en su totalidad digitalmente. • Interfaz integral máquina-humano con menú. • Selector de circuito incorporado, opcional. • Control remoto y monitoreo a través de la combinación de control multifilar y field bus simple o redundante (J-BUS). • Memoria flash, para reconfigurar. • Grado de protección IP21.
<p>Interpretación: La Regulador de Corriente Constante controlado por Microprocesador del fabricante YOUYANG ofrece excelentes prestaciones técnicas, para la categoría aeronáutica y la operatividad del Aeropuerto Jumandy; el YCR 5000 es factible por sus características y ventajas, el grado de protección IP satisface las condiciones ambientales del aeródromo.</p>			

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

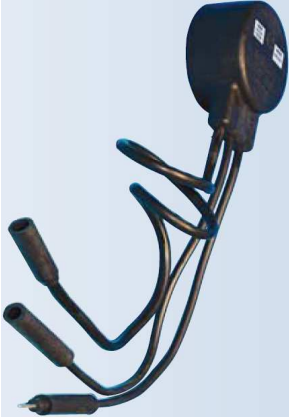

Tabla 4.15: Cuadro comparativo Unidades PAPI



Unidad PAPI	Tecnología	Características	Ventajas
<p style="text-align: center;">YOUYANG</p>  <p style="text-align: center;">PAPI 400</p>	<p style="text-align: center;">Lámparas de tungsteno halógeno</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Anexo 14, Parte 5.3.5 ▪ FAA: AC 150/5345-28, L-880. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lámparas prefocalizadas Pk30d de 6.6 A. • Consumo de energía: 200Wx2. • Vida útil de las lámparas: 1.000 horas en máxima brillantez. • Intensidad promedio: 22.300 cd. • Opcional con interruptor de inclinación. • Temperatura de funcionamiento hasta un mínimo de - 35°C (Clase I) y hasta + 55°C (Clase II). • Alcance visual superior a 8 Km de día y a 32 Km de noche. • Visibilidad Meteorológica de 14 Km. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reflector de aluminio puro en un 99.99%. • Pulido y protegida para la oxidación ambiental en 3 mm de espesor. • Lentes de alta calidad para proporcionar una zona de transición constante para no sobrepasar los 3 minutos de arco en cualquier caso. • Mantenimiento simple. • Ahorro de espacio. • Instalación sencilla. • Ideal para ambientes con altos niveles de humedad y contaminantes. • Resistencia a variaciones de temperatura.
<p style="text-align: center;">FLIGHT LIGHT INC.</p>  <p style="text-align: center;">ZA757</p>	<p style="text-align: center;">Lámparas de tungsteno halógeno</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Anexo 14, Parte 5.3.5 ▪ FAA: AC 150/5345-28, L-880. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía: 150Wx2. • Vida útil de las luces: 1.000 horas. • Con interruptor de inclinación. • Funcionamiento hasta un mínimo de - 30°C (Clase I) y hasta - 50°C (Clase II). • Montaje en 3 o 4 patas frangibles. • Alcance visual de 11 Km de día y a 30 Km de noche. • Peso de 55 Kg. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación sencilla. • Resistencia a variaciones de temperatura. • Fotometría más confiable en la industria. En el día visible a 10 Km. • Un interruptor de inclinación en cada PAPI apaga todo el sistema si cualquier unidad se desalinea. • Ocupa gran espacio.

<p style="text-align: center;">CROUSE-HINDS</p>  <p style="text-align: center;">PAPI ESTILO B</p>	<p style="text-align: center;">Lámparas con unidades LED</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Anexo 14, Parte 5.3.5 ▪ FAA: AC 150/5345-28, L-880. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía: 200Wx2. • Lámparas de: 1.500 horas. • Intensidad promedio: 20.000 cd. • Con interruptor de inclinación. • Temperatura desde - 35°C (Clase I) y hasta - 55°C (Clase II). • Montaje en 3 o 4 patas frangibles. • Visibilidad meteorológica 16 Km. • Peso de 57 Kg. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clinómetro incluido. • Mantenimiento simple. • Brusca transición de señal de 3 minutos de arco. • Luces indicadoras con interruptor de inclinación. • Ahorro de espacio. • Sin protección a la oxidación ambiental.
<p style="text-align: center;">THORN</p>  <p style="text-align: center;">PU3L</p>	<p style="text-align: center;">Lámparas halógenas</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ OACI: Anexo 14, Volumen I Parte 5.3.5 ▪ FAA: AC 150/5345-28D, L-880. ▪ OTAN: STANAG 316. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía: 200Wx3. • Vida útil superior a: 1.000 horas. • Intensidad promedio: 16.000 cd. • Con interruptor de inclinación. • Temperatura operativa entre - 35°C y + 55°C. • Visibilidad meteorológica 14 Km. • Montaje con 3 o 4 patas frangibles. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponible en versión de dos o tres lámparas. • Montada de serie sobre tres patas. • Sólo se precisa una lente por sistema óptico. • Excelente estanqueidad y protección fiable contra corrosión. • Ahorro de espacio. • Peso reducido 15 Kg. • Opcional, está equipada con un dispositivo calefactor. • El cuerpo es de aluminio moldeado anodizado.
<p>Interpretación: La Unidad PAPI 400 del fabricante YOUYANG cumple con las especificaciones y argumentos técnicos para la implantación en el Aeropuerto Jumandy; satisface las condiciones geológicas, climatológicas y meteorológicas propias de la ciudad del Tena y la región amazónica.</p>			

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí



Tabla 4.16: Cuadro comparativo Transformadores de Aislamiento



Transformador de aislamiento	Tecnología	Características	Ventajas
<p>YOUYANG</p>  <p>IT2 conexión a tierra</p>	<p>Transformador toroidal encapsulado con caucho termoplástico</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IEC: 61823 ▪ FAA: AC 150/5345-47, L-830. ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Sección 5. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida (CA): 200 W. • Corriente primaria (CA): 6.6 A. • Promedio de temperatura de funcionamiento: -55°C a + 55°C. • Cable primario de 600 mm de longitud, corte transversal de 8 mm² con recubrimiento y aislamiento en caucho termoplástico. • Cable secundario de 1200 mm de longitud, corte transversal de 2 cables de 3.5 mm² con recubrimiento y aislamiento en caucho termoplástico. • Longitud 13,92 cm. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completamente a prueba de agua. • Resistente al aceite, querosene, combustible de aviones, ácidos y álcalis y otros químicos presentes en los aeródromos. • Tomacorriente secundario FAA L-823, Estilo 7. • Enchufe primario y tomacorriente FAA L-823, Estilo 2. • Con conexión a tierra. • Vida útil de 20.000 horas. • Frecuencia de entrada: 60 Hz. • Eficiencia: 90% Min. • Autoprotección en cortocircuito o secundario abierto.
<p>FLIGHT LIGHT INC</p>  <p>TRF1</p>	<p>Transformador toroidal de láminas planas en formación de ETI</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IEC: 61823. ▪ FAA: AC 150/5345-47, L-830, L-831. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida (CA): 100/200 W. • Corriente primaria (CA): 6.6 A. • Temperatura de funcionamiento: -10°C a + 50°C. • Encapsulado en un elastómero termoplástico. • Resistente a la exposición a los rayos UV y al ozono. • Longitud estándar de 60,96 cm. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separación entre los enrollados. • Elimina toda posibilidad de descarga eléctrica durante la sustitución de lámparas. • Vida útil de 15.000 horas. • Alta resistencia dieléctrica. • Puesta a tierra de plomo (opcional). • Protección a cortocircuito.

<p>AEROLIGHTING S.A.</p>  <p>TRA-6604</p>	<p>Transformador toroidal de láminas de alto grado de calidad de silicio y acero</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IEC: 61823. ▪ FAA: AC 150/5345-47, L-830, L-831. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida (CA): 45/200 W. • Corriente primaria (CA): 6.6 A. • Temperatura de funcionamiento: 0°C a + 55°C. • Longitud estándar de 30,25 cm. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separación entre los enrollados. • Elimina toda posibilidad de descarga eléctrica durante la sustitución de lámparas. • Vida útil de 10.000 horas. • Volumen reducido y bajo peso. • Eficiencia: 70% Min. • Reducción de los costos de instalación y mantenimiento.
<p>AVIATEK ADB</p>  <p>RST</p>	<p>Transformador toroidal</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IEC: 61823. ▪ FAA: AC 150/5345-47, L-830. ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida (CA): 200 W. • Corriente primaria (CA): 6.6 A. • Temperatura ambiente: -55 °C a + 65 °C. • Longitud estándar de 50,35 cm. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cable de puesta a tierra (opcional). • Vida útil de 15.000 horas. • Eficiencia: 80% Min. • Se recomienda instalarlo en mampostería de acero. • Debe conectarse al circuito mediante conectores L-823 moldeados en cables AWG 8 de un solo núcleo de 60 cm de longitud y 5 kV, y un cable AWG 12 de dos núcleos de 120 cm de longitud.
<p>Interpretación: La alta eficiencia del Transformador de aislamiento IT2 con conexión a tierra, del fabricante YOUYANG propicia la compatibilidad técnica para la implementación del sistema PAPI en el Aeropuerto Jumandy; el transformador YOUYANG cumple con los requisitos de protección ante los niveles de humedad existentes en el campo de vuelos y la pista del aeródromo.</p>			

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.17: Cuadro comparativo Kit de conectores primario y secundario

Kit de conector primario/secundario	Tecnología	Características	Ventajas
<p>YOUYANG</p>  <p>CK1 - Juegos de conectores primarios</p> <p>Compliance with standards FAA : AC 150/5345-26, L1823</p> <p>CK1</p>	<p>Enchufe y tomacorriente de aislamiento en caucho termoplástico</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FAA AC-150/5345-26C. ▪ IEC: 61823. ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de corriente: 25 A. • Capacidad de voltaje: 5.000 V. • Temperatura de funcionamiento: -55°C a + 55°C. • Cierre de dispositivo para conexión impermeable. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta fiabilidad. • Acoplamiento total al transformador de aislamiento. • Calificación 6.6 A y 25 A, 5.000 V. • Instalación sencilla. • Resistente a variaciones de temperatura. • Totalmente impermeable, humedad del 95%. • Interconexión segura. • Roll over flap, conexión a prueba de agua.
<p>AVIATEK ADB</p>  <p>PRK</p>	<p>Aislamiento en material elastomérico termoplástico</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FAA AC-150/5345-26C. ▪ IEC: 61823. ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de corriente: 20 A. • Capacidad de voltaje: 5.000 V. • Promedio de temperatura de funcionamiento: -10 °C a + 50°C. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montaje rápido en el sitio. • Son despegables. • Calificación 20 A, 5.000 V. • Forma ergonómica facilita conectarlo y desconectarlo. • Abastecidos en embalaje individual. • Elimina la necesidad de termo contracción.

<p style="text-align: center;">YOUYANG</p>  <p style="text-align: center;">CK2</p>	<p style="text-align: center;">Aislamiento en caucho termoplástico</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FAA AC-150/5345-26C. ▪ IEC: 61823. ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de corriente: 20 A. • Capacidad de voltaje: 600 V. • Temperatura de funcionamiento: -55°C a + 55°C. • Totalmente impermeable. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta fiabilidad. • Acoplamiento total a la unidad PAPI. • Calificación 6.6 A y 20 A, 600 V. • Instalación sencilla. • Resistente a variaciones de temperatura. • Totalmente impermeable, humedad del 95%. • Interconexión segura.
<p style="text-align: center;">AVIATEK ADB</p>  <p style="text-align: center;">SCK</p>	<p style="text-align: center;">Fabricado en goma sintética para conexiones estancas y de material termoplástico</p>	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FAA AC-150/5345-26C. ▪ IEC: 61823. ▪ OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5. <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de corriente: 6.6 A. • Capacidad de voltaje: 600 V. • Temperatura de funcionamiento: -10°C a + 50°C. • Fuerza dieléctrica 15% superior que el Neopreno. 	<p>Argumentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conexión estanca del circuito secundario hacia la parte secundaria del transformador serie o la baliza. • Montaje rápido, in-situ. • Calificación 6.6 A, 600 V. • Muy Buena resistencia contra todo tipo de productos químicos. • Factor de absorción del agua 3 veces inferior al Neopreno. • Cuerpo fabricado para cabida a dos hilos o cable de dos conductores.
<p>Interpretación: Los conectores primarios y secundarios fabricados por la empresa Coreana YOUYANG ofertan alta solvencia a la humedad, están efectuados con la misma tecnología de operación en temperaturas de -55 °C a + 55 °C, son totalmente impermeables, se acoplan óptimamente al transformador de aislamiento y a la unidad PAPI respectivamente; son de fácil mantenimiento y son suministrados por el fabricante en la compra de sistemas de iluminación para terminales aéreas.</p>			

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI.
Elaborado por. Renato Falconí

4.8. Implementación del Sistema Electrónico de Luces PAPI


Este apartado del trabajo de investigación detalla la memoria técnica para la respectiva implementación del Sistema Electrónico de Luces PAPI.

4.8.1 Consideraciones generales de colocación


La coordinación del movimiento en el aeródromo es crucial para la segura y eficiente operación de cualquier aeropuerto. Si en adición a esto, las operaciones de vuelo tienen lugar en condiciones ambientales o meteorológicas únicas, la necesidad de marcadores de alta visibilidad en el aeródromo toma alta importancia.

Símbolos de seguridad: Los símbolos alertarán de los peligros y las condiciones que pueden resultar en lesiones corporales, muerte o daños materiales, y el equipo de seguridad necesario para trabajar. Una comprensión profunda de los componentes del sistema y sus requisitos le ayudará a instalar el sistema de forma segura y eficiente.

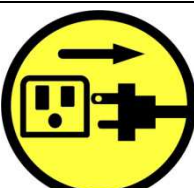
Advertencia general:

	ADVERTENCIA: El incumplimiento de esta advertencia puede resultar en lesiones personales, muerte o daños materiales.
---	---


Riesgo de descarga eléctrica:

	ADVERTENCIA: Al no cumplir con esta advertencia puede resultar en lesiones personales, muerte o daños materiales.
---	--


Desconexión eléctrica:

	ADVERTENCIA: Desconecte el equipo de la tensión de línea. El incumplimiento de esta advertencia puede resultar en lesiones personales, muerte o daños materiales.
---	--

Equipo protector:

	ADVERTENCIA: Llevar gafas protectoras. El incumplimiento puede resultar en lesiones graves.
---	--

Precaución:

	PRECAUCIÓN: El incumplimiento puede resultar en daños al equipo.
---	---

- Proteja los componentes para evitar daños, desgaste y condiciones ambientales contraproducentes.
- Asegúrese de que todos los dispositivos sean totalmente funcionales. No utilice el sistema si estos dispositivos no están funcionando correctamente.
- No intente poner en funcionamiento o reparar el equipo eléctrico si está presente agua estancada.
- Nunca toque las conexiones eléctricas expuestas en el equipo mientras la alimentación está en ON.
- Si los dispositivos de seguridad deben ser removidos para la instalación, instalar inmediatamente y después de terminar el trabajo, comprobar el buen funcionamiento

Normas aplicables:

- OACI – Organización de Aviación Civil Internacional
 - Anexo 14: Aeródromos, Volumen I, Diseño y Operación de Aeródromos, Sexta Edición, Julio del 2009.
- FAA – Administración Federal de Aviación
 - Advisory Circular AC 150/5345-28: Especificaciones para sistemas PAPI, Mayo 2010.
 - Advisory Circular AC 150/5340-26: Mantenimiento de Aeropuerto. Instalación de Ayudas Visuales, Agosto 2004.

Características Estructurales: La unidad PAPI produce un haz de luz, la porción superior blanca y la inferior roja. Conforme el piloto cambia la posición vertical, el color de la luz que visualiza cambia instantáneamente. Existen dos estilos normalizados por la FAA, para el uso del sistema PAPI.

- **El PAPI estilo A:** Utiliza una Unidad de Potencia y control (PCU) la cual tiene una fotocelda para el control de intensidad de luz día/noche. El PCU puede ser operado utilizando un radio control L-854 con una señal de una aeronave en aproximación.
- **El PAPI estilo B:** Es alimentado por un regulador de corriente constante L-828.

NOTA: En el Aeropuerto Jumandy se trabajará con unidades PAPI estilo B.

Características de los elementos luminosos: El sistema será adecuado tanto para las operaciones diurnas como para las nocturnas. La transición de colores, de rojo a blanco, en el plano vertical, será tal que para un observador situado a una distancia no inferior a 300 m, ocurra dentro de un ángulo vertical no superior a 3°. La distribución de la intensidad de la luz de los elementos luminosos se muestra en la Fig. 4.21. [19]

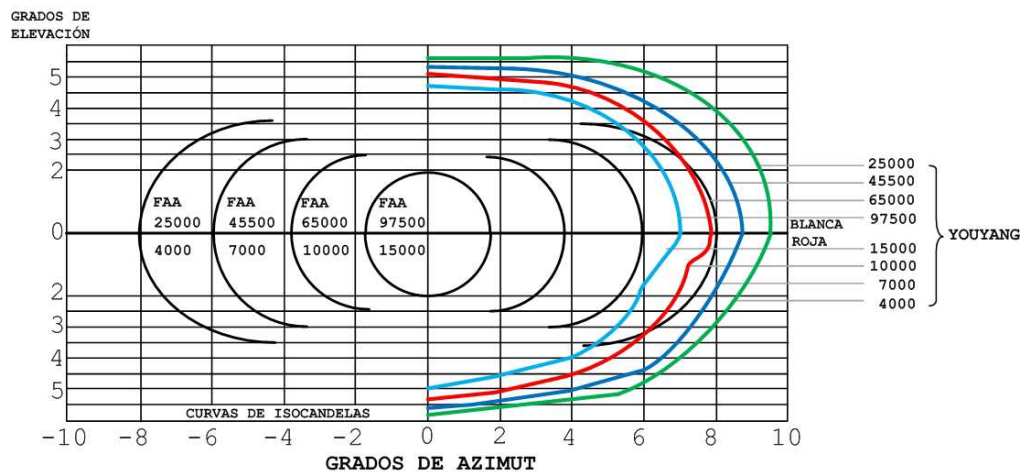


Fig. 4.21: Distribución de la intensidad luminosa del PAPI
Fuente: <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Se proporcionará un control adecuado de intensidad para que ésta pueda graduarse de acuerdo con las condiciones predominantes, evitando así el deslumbramiento del piloto durante la aproximación y el aterrizaje. Cada elemento luminoso podrá 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 al menos 4°30' sobre la horizontal.

Los elementos luminosos se diseñan de manera que la condensación, la nieve, el hielo, 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. [19]

4.8.2 Descripción

Las Fig. 4.22 y Fig. 4.23, en este apartado describen el estilo B, L-880 y L-881 del sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI); sistemas utilizados para orientar la trayectoria de aproximación visual y aterrizaje de los pilotos de aviones. El sistema PAPI está diseñado para operar a partir de un Regulador de Corriente Constante (RCC) L-828, con una corriente máxima de salida de 6,6 A. [19]

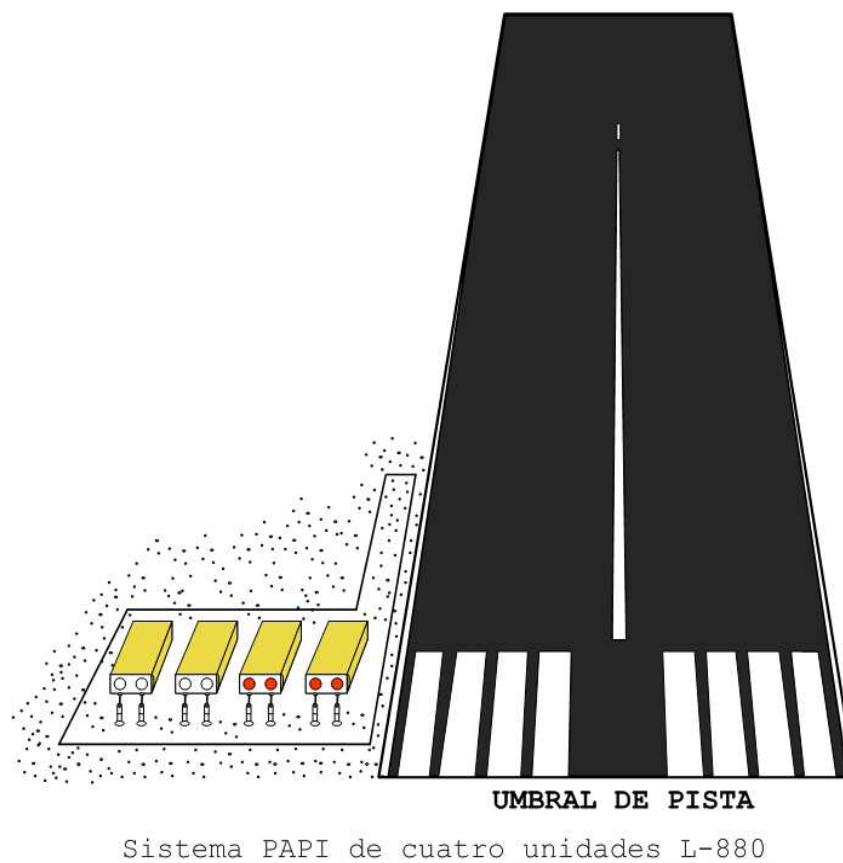


Fig. 4.22: Sistema PAPI de cuatro unidades L-880

Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

El RCC controla el brillo del sistema PAPI estilo B, puede tener tres o cinco intensidades de brillo. [19]

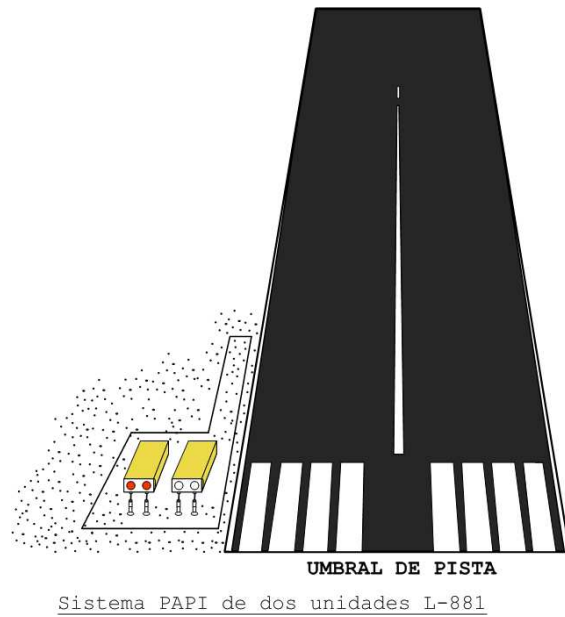


Fig. 4.23: Sistema PAPI de dos unidades L-881
Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Sistema PAPI tipo L-880: El sistema PAPI tipo L-880 se compone de cuatro unidades de luz idénticas, que normalmente se instalan en el lado izquierdo de la pista (visto desde el extremo de aproximación) en una línea perpendicular al eje de la pista; Fig. 4.24. [19]

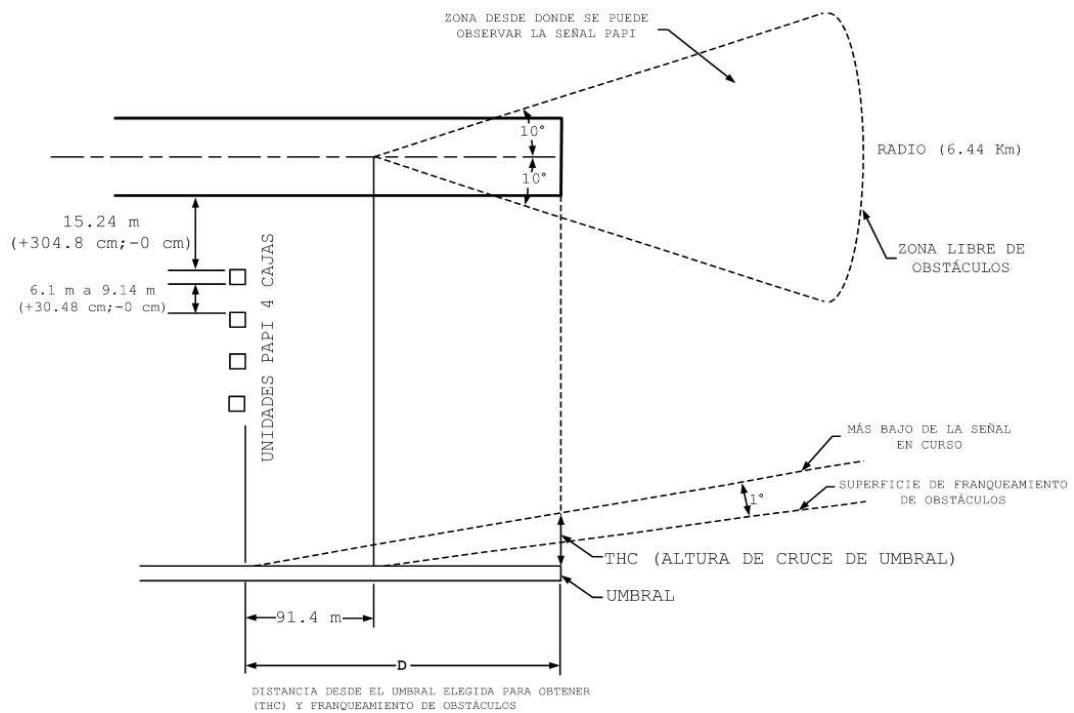


Fig. 4.24: Superficie de franqueamiento de obstáculos
Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Las unidades están dirigidas de manera que durante una aproximación para el aterrizaje, el piloto verá la siguiente configuración de señal:

- Las dos unidades interiores de color rojo y las dos unidades externas de color blanco cuando la aeronave está cerca o en la pendiente de aproximación. [19]
- La unidad más cercana a la pista de aterrizaje de color rojo y las tres unidades más lejos de la pista de aterrizaje de color blanco cuando la aeronave está por encima de la pendiente de aproximación; las cuatro unidades aparecen en blanco si la aeronave está en exceso, por encima de la pendiente de aproximación. [19]
- Las tres unidades más cercanas a la pista de aterrizaje se ven de color rojo y la unidad más alejada de la pista de color blanco si la aeronave está ligeramente por debajo de la pendiente de aproximación, y si está en exceso por debajo de la pendiente de aproximación, aparecerán de color rojo todas las unidades. [19]

La Fig. 4.25 y la Fig. 4.26 muestran la presentación de la señal del sistema PAPI de cuatro unidades L-880 y dos unidades L-881 respectivamente. [19]

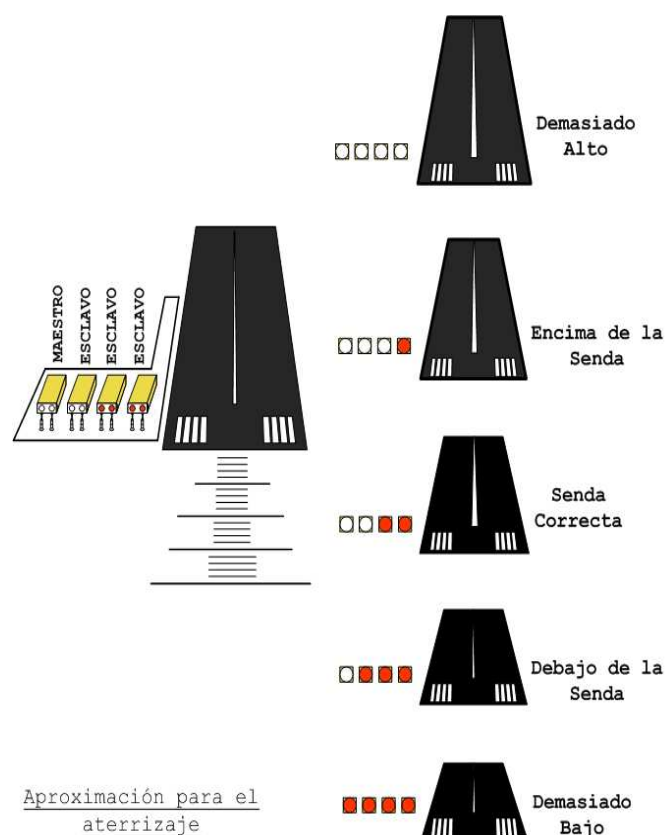


Fig. 4.25: Presentación de la señal de sistema PAPI de cuatro unidades L-880
Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Sistema PAPI tipo L-881: El sistema PAPI L-881 consta de dos unidades ligeras idénticas que normalmente se instalan en el lado izquierdo de la pista de aterrizaje (visto desde el extremo de aproximación) en una línea perpendicular al eje de la pista. [19]

Las unidades están dirigidas de manera que durante una aproximación para el aterrizaje el piloto verá la siguiente configuración de señal:

- Ambas unidades de color rojo cuando la aeronave está por debajo de la pendiente de aproximación. [19]
- La unidad más cercana a la pista de aterrizaje en color rojo y la otra unidad en color blanco cuando está en la senda correcta o cerca de la pendiente de aproximación. [19]
- Ambas unidades en color blanco cuando la aeronave está por encima de la pendiente de aproximación. [19]

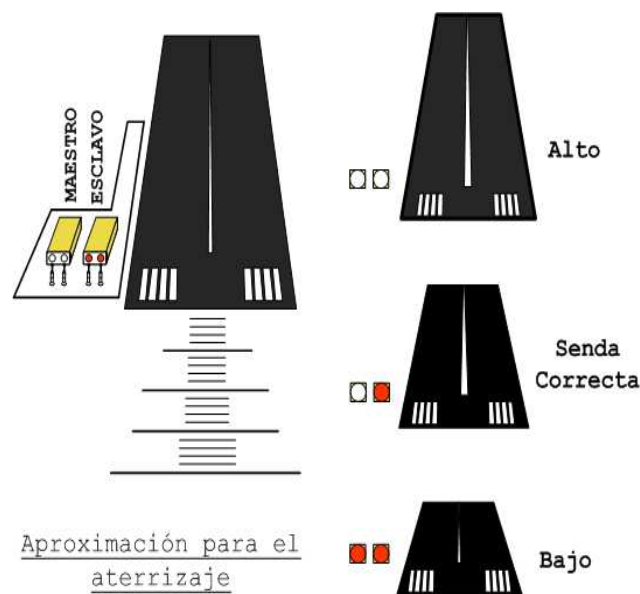


Fig. 4.26: Presentación de la señal de sistema PAPI de dos unidades L-881
Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Unidad de Luz PAPI: La unidad de iluminación PAPI es una plataforma óptica estable. Una sola unidad de la luz PAPI contiene dos lámparas de 6,6 A y 200 W, dos reflectores y filtros rojos, cuatro lentes, un escudo de la lente, y un conjunto de interruptores de inclinación conectados a la parte trasera de la unidad. La unidad PAPI está montada sobre cuatro patas ajustables. Cada una de estas partes se muestra a continuación, en la Fig. 4.27 y 4.28. [19]

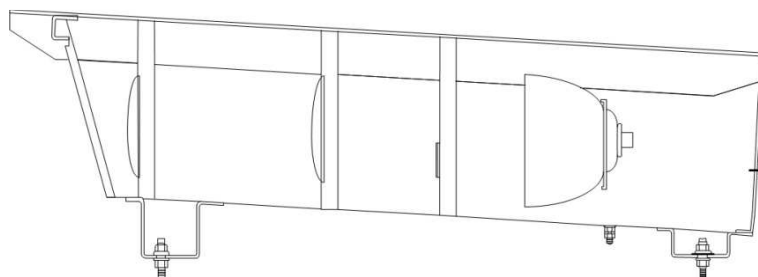


Fig. 4.27: Caja óptica de dos lámparas (vista lateral)

Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

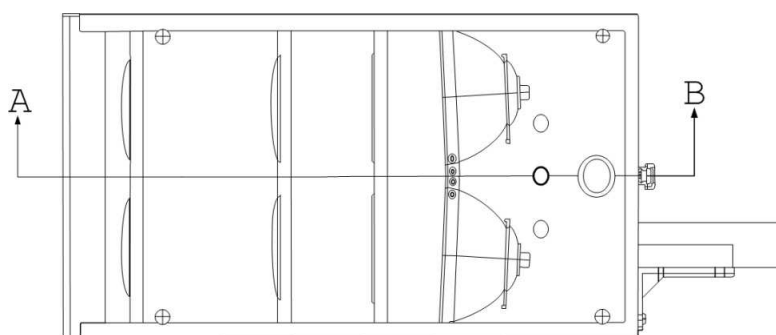


Fig. 4.28: Caja óptica de dos lámparas (vista inferior sin tapa)

Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

- *Lámparas:* Dos lámparas halógenas pre-enfocadas de 200 W se encuentran en la parte trasera de la unidad PAPI, cada una indexada en un portalámparas con un reflector y sujetas en su lugar con una pinza de resorte en forma de horquilla. Las conexiones eléctricas de tipo Slip-On (Deslice-coloque), permiten una fácil sustitución de las lámparas cuando tienen fallas. [19]
- *Reflector:* El reflector está equipado con dos aberturas en la que se alojan los reflectores elípticos. Los reflectores son de aluminio pulido mecánicamente para su brillantez con anodizado de protección. [19]
- *Filtro:* El filtro alberga los dos filtros de color rojo. También cuenta con dos ranuras de referencia, C y D, utilizado para localizar el dispositivo de enfoque, y hacer ajustes en el campo de la unidad de luz. Estas ranuras de referencia vienen mecanizadas de manera precisa desde la fábrica. Hay que tener cuidado de no dañar estas ranuras mecanizadas. [19]
- *Lentes:* Cuatro lentes de objetivo de alta calidad óptica están alojados en dos paneles de las lentes. El borde superior frontal del panel de la lente está equipado con dos bloques de referencia, A y B, para el ajuste de campo de la unidad de luz. Estos bloques se ajustan en la fábrica, para que sea paralelo a la línea del centro óptico. [19]

- *Escudo de la lente:* El protector de vidrio plano sirve para proteger las lentes contra materiales tales como arena y piedra, y está diseñado para evitar la reflexión. [19]

NOTA: Consulte el **ANEXO A: Planos** (Plano 1 “Unidad PAPI YOUYANG”). Para visualizar con mayor detalle los componentes de la unidad PAPI.

- *Piernas ajustables de montaje:* Las cuatro piernas ajustables de montaje están compuestas cada una de dos varillas de tornillo conectadas por una manga PAPI diferencial. La barra superior (menor diámetro) está equipada con tuercas hexagonales y tuercas de seguridad diseñadas para el ajuste resistente de la parte gruesa de la unidad. La barra inferior (mayor diámetro) se inserta en una columna de conducto con un cople frangible para mantenerse en su lugar por una brida atornillada sobre una plataforma de concreto. Consulte el **ANEXO A: Planos** (Plano 2 “Pierna de Anclaje YOUYANG”). [19]
- *Interruptor de Inclinación:* El interruptor de inclinación es diseñado para desactivar las lámparas, si el patrón óptico se eleva entre 1/2 grado y 1 grado o desciende entre 1/4 grado y 1/2 grado con respecto al presente ángulo de configuración ajustado en la unidad de luz. Un retardo de tiempo de 10-30 segundos es incorporado para prevenir la activación intermitente del interruptor de inclinación debido a la vibración. El interruptor de inclinación tiene un funcionamiento a prueba de fallos para que cualquier mal funcionamiento. [20]

Teoría de Funcionamiento:

Máster: Consulte la Fig. 4.29. El transformador de aislamiento suministra energía al máster en el bloque de terminales TB1-1 y TB1-2. Esta energía alimenta a PCB1, que proporciona +24 V (DC) para todos los relés en la unidad máster y las unidades esclavos. Si cualquier unidad PAPI se inclina, se abre el circuito del interruptor de inclinación, lo que hace que la PCB2 de retardo en el máster se desactive después de un retardo de 20 segundos de tiempo nominal. Esto interrumpe (en todas las unidades PAPI) el retorno de +24 V (DC) en todos los relés de lámpara, eliminando así la energía de 6.6 A a todas las lámparas en el sistema PAPI. El sistema PAPI no puede ser re-energizado hasta que todas las unidades PAPI estén con la alineación apropiada. [20]

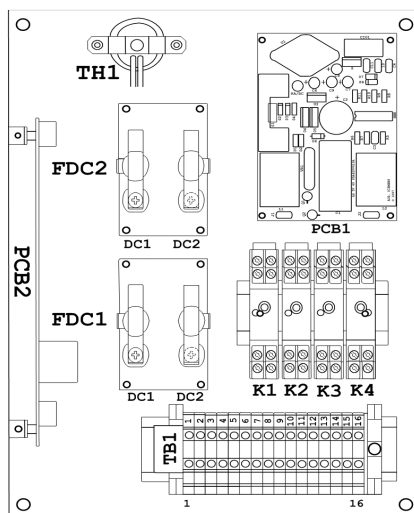


Fig. 4.29: Operaciones Máster

Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Esclavo: Consulte la Fig. 4.30. Los circuitos internos de las unidades esclavos son energizados por el máster. Cada una de las lámparas en las unidades máster y esclavo se suministran con 6.6 A, a través de un transformador de aislamiento L-830-6 (circuito de 6.6 A) siempre y cuando el relé de la lámpara en cada una de las unidades PAPI sea energizado, lo que cierra el circuito de lámparas de 6.6 A. Si un interruptor de inclinación en el máster o cualquier esclavo se mueven de una alineación apropiada, la PCB2 de retardo en el máster se desactiva después de un retardo de 20 segundos de tiempo nominal. Esto interrumpe el retorno de +24 V (DC) en todas las unidades PAPI, causando la desactivación de todos los relés de lámpara y desconectando la energía en todas las lámparas del sistema PAPI. [20]

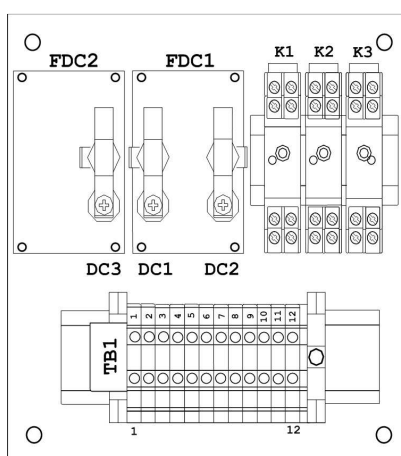


Fig. 4.30: Operaciones Esclavo

Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Equipo necesario PAPI L-880 estilo B: Consulte la Tabla 4.18, Tabla 4.19, Tabla 4.20 y Tabla 4.21 para el equipo necesario que es suministrado y no suministrado por el fabricante. [19]

Tabla 4.18: Equipo necesario PAPI L-880 suministrado

Descripción	Cantidad
Montaje Máster PAPI	1
Montaje Esclavo	3

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].
Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.19: Equipo necesario adicional suministrado y no suministrado

Descripción	Cantidad	Notas
Regulador de Corriente Constante	1	Fabricante YOUYANG (Airport Lighting Equipment Inc.)
Dispositivo de enfoque (opcional)	1	Se requiere uno por aeropuerto
Kit para empalmar en el campo	1	Fabricante YOUYANG (Airport Lighting Equipment Inc.)
Transformadores de Aislamiento	Según sea necesario	Consulte Tabla 3.15
Placa base L-867	Según sea necesario	Se requiere una placa base L-867 para la base L-867 cerca de la unidad máster y cada unidad esclavo
Base de metal L-867	Según sea necesario	Una base de lata L-867 por unidad de iluminación
Conducto flexible/impermeable de 1 – 1/4 pulgadas (31.75 mm)	Según sea necesario	No Suministrado. Consulte la Tabla 4.21 para cantidades
Cable de interconexión de las unidades PAPI al transformador	Según sea necesario	Suministrado. Consulte la Tabla 4.21 para cantidades
Hormigón	Según sea necesario	

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].
Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.20: Número necesario de Transformadores de Aislamiento L-830

Sistema PAPI	Número de L-830-6 transformadores de 6.6A
L-880	8 transformadores

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].
Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.21: Conducto y cable

Descripción	PAPI L-880			
	Maestro	Esclavo	Esclavo	Esclavo
Conducto flexible / impermeable de 1 – 1/4 (longitud deseada)	2	2	2	2
Cable de interconexión de las unidades PAPI al transformador	1	1	1	Ninguno

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Elaborado por. Renato Falconí

NOTA: La longitud nominal de cables L-823 es de 1,83 m a 2,9 m. Dado que la longitud requerida para la instalación dependerá de la altura de la unidad PAPI y la distancia de la parte inferior de la unidad desde el punto de entrada del cable en el metal o el conducto. Si se requiere un conductor eléctrico más largo, los cables pueden ser empalmados de acuerdo con las seguridades necesarias. [19]

Especificaciones: Este apartado describe las especificaciones para el sistema PAPI L-880. [19]

- *Corriente de Entrada:* 6.6 A. [19]
- *Lámparas:* Dos lámparas de tungsteno halógena de 200 W, 6.6A por unidad PAPI.
 - *Vida útil de la lámpara:* 1.000 horas brillo intenso. [19]
 - *Intensidad luminosa (luz blanca):* 97.500 cd (pico); 58.250 cd (promedio, dispersión de 10 grados en el haz horizonte). [19]
- *Factor de transmisión del sector rojo:* Al menos 15%. [19]
- *Sector de transmisión:* Tres minutos de arco sobre la dispersión del haz completo.
- *Rango de Adquisición Visual:* 11,43 Km dentro de un sobreenfoco de ± 5 grados respecto al eje de aproximación. [19]
- *Supresión de transitorios:* Equipos de estado sólido son capaces de resistir un rayo transitorio que consta de un impulso de corriente de 10x20 microsegundos y 15.000 amperios con la corriente subsecuente de desbordamiento y sobretensión de 10 kV/microsegundo. El sistema también podrá soportar sin daños, la aplicación repetida de un transitorio de sobretensión en las líneas de alimentación de entrada igual a 500 voltios pico por una duración de 50 milisegundos. [19]

- *Condición ambiental de funcionamiento:* Las condiciones ambientales de funcionamiento se visualizan en la Tabla 4.22 e incluyen el rango de temperatura de operación, la humedad y el viento. [19]

Tabla 4.22: Rango de temperatura de funcionamiento

Clase	Rango de temperatura de funcionamiento (Celsius)	Rango de temperatura de funcionamiento (Fahrenheit)
Clase 1	-35 °C a +55 °C	-31 °F a +131 °F
Clase 2	-55 °C a +55 °C	-67 °F a +131 °F

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].
Elaborado por. Renato Falconí

- *Humedad:* 0 a 100 %. [19]
- *Viento:* Velocidades de hasta 161 Km/h. [19]
- *Disposición de montaje:* Cuatro patas de montaje. [19]
- *Peso:* 93 lb (42.6 Kg) (aproximadamente) por unidad de luz. [19]
- *Dimensiones:* Consulte la Fig. 4.31 y 4.32. Referente a la Tabla 4.23. [19]

Tabla 4.23: Dimensiones de la unidad PAPI L-880

Sistema PAPI	Ancho	Altura	Longitud
Dos lámparas L-880	46,3 cm	101,6 cm	100 cm

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].
Elaborado por. Renato Falconí

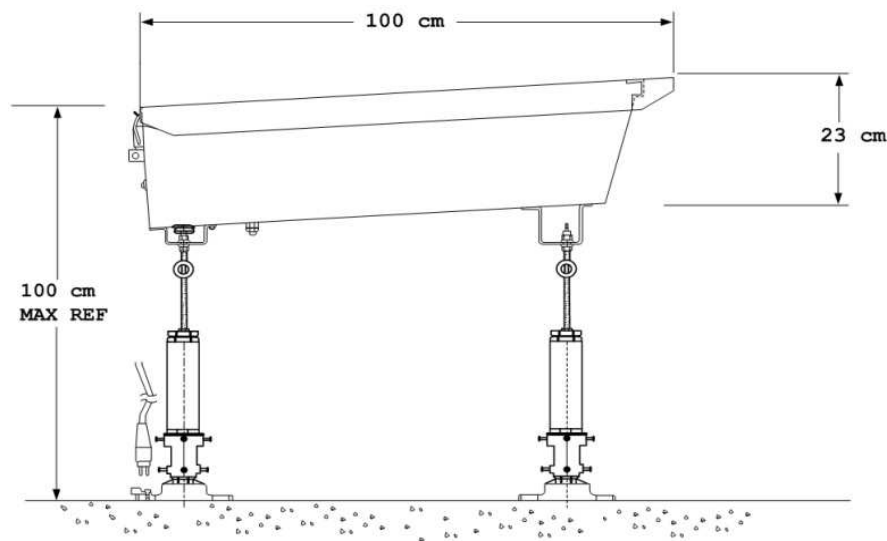


Fig. 4.31: Dimensiones PAPI B - Vista Lateral
Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

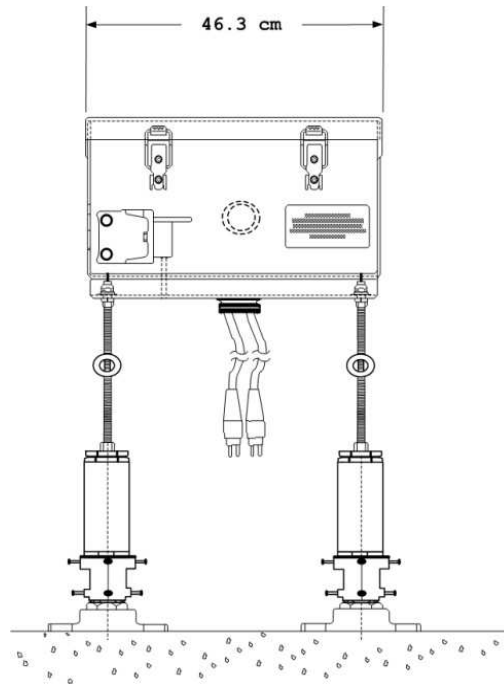


Fig. 4.32: Dimensiones PAPI B - Vista Posterior
Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

Fotometría: Cada unidad de luz que se utiliza en el sistema PAPI L-880 tiene dos luces y proporciona un haz de luz partido horizontalmente para producir luz blanca en el sector de la parte superior y la luz roja en el sector inferior. Cuando mire un observador a una distancia de 304,8 m, la transición de la luz roja a la luz blanca se produce dentro de un ángulo de tres minutos de arco en el centro del haz y dentro de un ángulo de cinco minutos de arco, en los bordes del haz de luz. [19]

4.8.3 Instalación

Este apartado proporciona instrucciones para la instalación del sistema PAPI. Referidos en planos y especificaciones del Aeropuerto Jumandy para las instrucciones de instalación específicas.

Las unidades se fijarán por medio de mangas de ajuste, piernas de anclajes, coples frangibles y bridas base; sobre losa de hormigón. Los cables de alimentación estarán protegidos de toda alteración mecánica y penetrarán en el registro de hormigón, donde se ubicarán los transformadores de aislamiento. Consulte el **ANEXO A: Planos** (Plano 4 y Plano 5 “Conexión de la unidad PAPI”).

El sistema PAPI debe ser colocado y apuntado definiendo una trayectoria de aproximación con el espacio suficiente sobre obstáculos y a una altura mínima de cruce de umbral. La implementación del sistema PAPI requiere varios pasos para asegurar la instalación correcta y la máxima efectividad, la Fig. 4.33 muestra estos pasos.

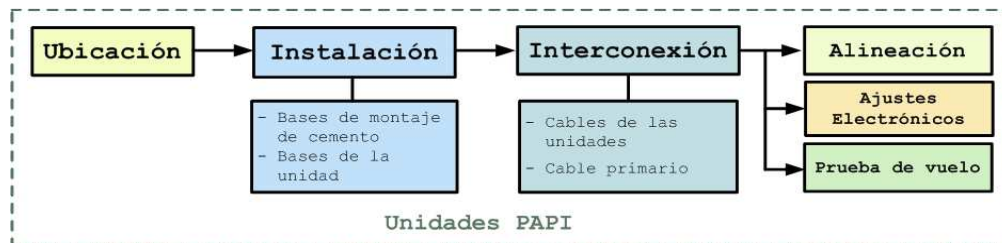


Fig. 4.33: Instalación de la Unidad PAPI

Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

Instrumentos para la instalación y verificación: Los instrumentos a continuación son necesarios para la instalación, la nivelación, ajuste y comprobación de la configuración de elevación de los elementos luminosos. [20]

- Un instrumento de inspección (dispositivo de enfoque) para azimut y ajuste de elevación. [20]
- Un nivel de burbuja de precisión para la nivelación de las unidades. [20]

Dispositivo de Enfoque: Consulte el **ANEXO A: Planos** (Plano 6 “Dispositivo de Alineación”). El dispositivo de enfoque consiste de:

- Una base para reposar en el bloque de referencia B y la ranura C, y dos brazos móviles para reposar en el bloque de referencia A y ranura D. [20]
- Dos escalas de graduación para configuración de elevación. [20]
- Una barra utilizada en la referencia horizontal longitudinal requerida para establecer tanto el azimut y la elevación. [20]

Los dos brazos móviles aumentan la estabilidad del dispositivo de enfoque y se utilizan para establecer las referencias horizontales transversales. Los tornillos se proporcionan en la barra y en los brazos móviles para garantizar un posicionamiento exacto del nivel durante la configuración y el ajuste. Se requiere este posicionamiento exacto para tener una combinación perfecta entre el nivel y las referencias horizontales longitudinales y

transversales. Los dos sitios-V en la barra del dispositivo de enfoque son para la alineación de azimut. [20]

Nivel de burbuja: Este instrumento tiene un grado de precisión de 0.004 in/ft (0,3 mm/m) lo que permite un ajuste muy preciso (a menos de un minuto de arco) compatible con la precisión del diseño de la unidad de luces PAPI. [20]

NOTA: La Fig. 4.34 y Fig. 4.35 muestran el Nivel de burbuja en el PAPI de dos lámparas.



Fig. 4.34: Placa base para el Nivel de burbuja
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].



Fig. 4.35: Nivel de burbuja
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Consideraciones de Emplazamiento: Cuando se ve desde el extremo de aproximación, el sistema PAPI se encuentra en el lado izquierdo de la pista como se muestra en la Fig. 4.24. El PAPI puede estar situado en el lado derecho de la pista si existen problemas de emplazamiento, como conflictos con pistas o calles de rodaje. El PAPI debe estar situado y orientado de modo que defina una trayectoria de aproximación con un espacio adecuado por encima de obstáculos y una altura mínima de cruce de umbral. [19] y [20]

Los elementos luminosos deberán estar emplazados respetando las tolerancias de instalación; deberán montarse de manera que aparezca al piloto del avión que efectúa la aproximación, como una línea sensiblemente horizontal. Los elementos luminosos se montarán lo más abajo posible y serán frangibles. [19] y [20]

- *Distancia de las unidades PAPI desde el borde de pista:* Consulte la Fig. 4.36. La unidad de luz más cercana a la pista deberá estar a menos de 15,24 m (+304.8 cm; -0 cm) desde el borde de la pista. Esta distancia podrá reducirse a 9,14 m para las pequeñas pistas de aterrizaje de aviación general utilizadas por aeronaves sin motor jet. [19] y [20]
- *Espaciamiento lateral de las unidades PAPI:* Las unidades PAPI tendrán una separación lateral o espaciado entre unidades de 6,1 a 9,14 m. La distancia entre las cajas no podrá ser diferente por más de 30,48 cm. La Fig. 4.36 presenta el emplazamiento de un sistema electrónico de luces PAPI. [19] y [20]

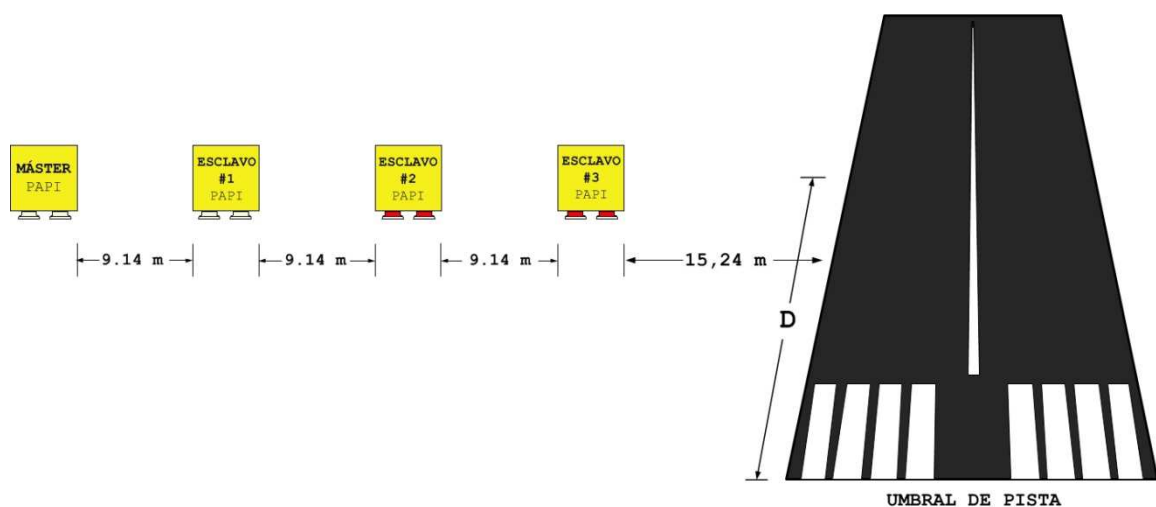


Fig. 4.36: Emplazamiento del PAPI
Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI

Emplazamiento PAPI con senda de planeo ILS: Cuando una pista tiene una senda de planeo ILS electrónica establecida, el PAPI debe instalarse de manera que la senda de planeo visual coincida, todo lo posible, con la senda de planeo electrónica del ILS. Para lograr esto, hay que colocar el PAPI en la misma distancia (tolerancia $\pm 9,144$ m) desde el umbral como con la fuente virtual de la senda de planeo ILS, y apuntar al mismo ángulo que la senda de planeo ILS. [19] y [20]

Este procedimiento debe ser modificado para pistas que sirven a aeronaves en el grupo 4 de altura, debido a la distancia del ojo a la antena. Para estas pistas de aterrizaje, la distancia del PAPI desde el umbral será igual a la distancia de fuente virtual de la senda de planeo ILS más un adicional de 91,44 m (+15,24 m; -0 m). Los cálculos deben realizarse para garantizar que el sitio elegido proporcione adecuado franqueamiento de obstáculos y altura de cruce del umbral; consulte la Tabla 4.24 para reconocer la altura de cruce de umbral del grupo de aeronaves normado por la OACI. [19] y [20]

Tabla 4.24: Altura del cruce de umbral

Tipo de aeronave	Altura de la cabina del piloto a la rueda	Umbral Visual- Altura de Cruce	Observaciones
Altura Grupo 1 (Aviación general, los pequeños viajeros, turbo reactores corporativos)	10 pies (3.048 m) o menos	40 pies (12.2 m) (+5 pies, -20 pies) (+1.524 m, -6.1 m)	Muchas pistas menos de 6,000 pies (1828.8 m) de largo con anchuras reducidas y/o carga de peso restringido que haría normalmente prohibir los desembarques de los más grandes aviones.
Altura Grupo 2 (F-28, CV-340/440/580, B-737, DC-8/9)	15 pies (4.6 m)	45 pies (13.7 m) (+5 pies, -20 pies) (+1.524 m, -6.1 m)	Aeropuerto regional con servicio de transporte de aire limitado.
Altura Grupo 3 (B-707/720/727/757)	20 pies (6.1 m)	50 pies (15.24 m) (+5 pies, -15 pies) (+1.524 m, -4.6 m)	Pistas principales que no suelen utilizarse exclusivamente por aeronaves con senda de planeo ILS- alturas a la rueda de más de 20 pies (6.1 m).
Altura Grupo 4 (B-747/767, L-1011, DC-10, A-300)	Sobre los 25 pies (7.6 m)	75 pies (22.9 m) (+5 pies, -15 pies) (+1.524 m, -4.6 m)	La mayoría de las pistas primarias en los principales aeropuertos.

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

Elaborado por. Renato Falconí

Cálculos de la distancia desde el umbral de la pista: En este numeral se presenta los cálculos para conocer la distancia a la que debe emplazarse el PAPI respecto a cada uno de los umbrales. La distancia del borde de la pista al PAPI y de las unidades entre sí, se mantendrán como indica la normativa OACI y FAA.

Reglaje de las unidades PAPI: Para realizar los cálculos debe conocerse, los ángulos de reglaje de cada una de las unidades PAPI. A continuación se presenta en la Tabla 4.25 los ángulos de reglaje de cada unidad para una pendiente de descenso nominal de 3° , que es la estándar para una aproximación instrumental; y cuya altura de referencia es de 15 m. En la Fig. 4.37 se visualiza el reglaje angular del sistema PAPI como referencia para el cálculo de la distancia desde el umbral al emplazamiento PAPI. [4]

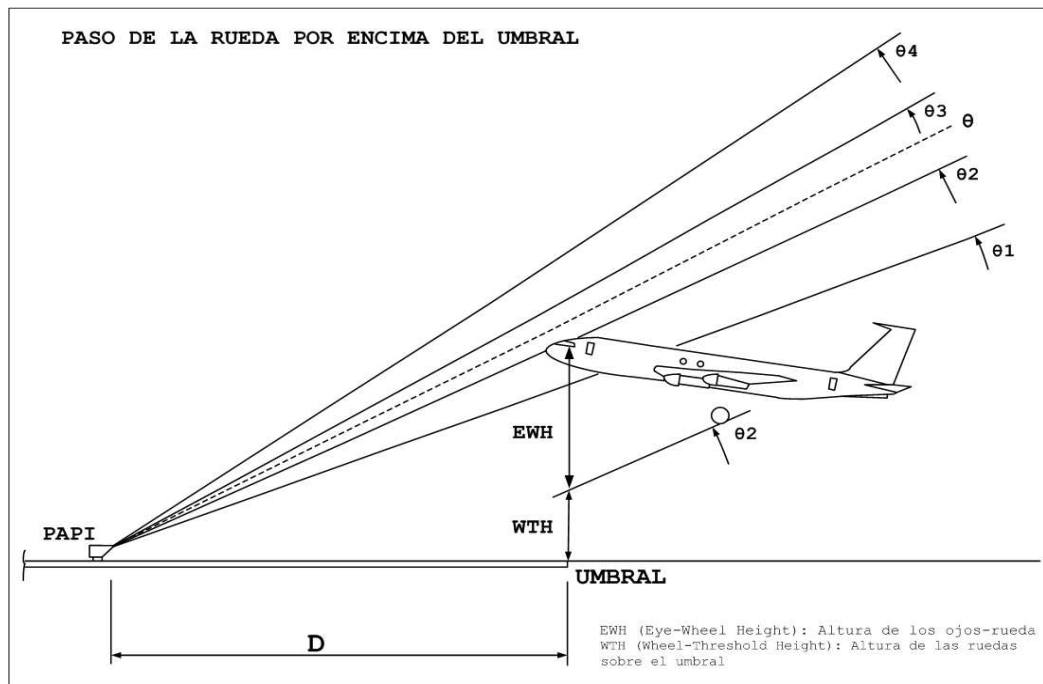


Fig. 4.37: Reglaje angular del sistema PAPI con aeronave en aproximación
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4]

Tabla 4.25: Reglaje de las unidades PAPI

Reglaje de las unidades PAPI	Sin ILS	Con ILS
θ1	2°30'	2°25'
θ2	2°50'	2°45'
θ	3°	3°
θ3	3°10'	3°15'
θ4	3°30'	3°35'

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].
Elaborado por. Renato Falconí

Distancias verticales de la flota de diseño: Se necesita también conocer una serie de distancias de cada una de las aeronaves que forman la flota de diseño. Dichas distancias son:

- **H1:** Distancia de los ojos del piloto a la trayectoria de las ruedas.
- **H2:** Distancia de los ojos del piloto a la antena del ILS del avión.
- **H3:** Distancia de los ojos del piloto a las ruedas en configuración de aproximación.

La Tabla 4.26 contiene las distancias de la flota de diseño. Dicha tabla ha sido extraída del Apéndice 6 del Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 4.

Tabla 4.26: Distancias definidas para el cálculo de la posición del PAPI

Aviones	H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)
A318	7,3	1,8	6,5
A319	7,3	1,8	6,5
A320	7,3	1,8	6,5
B737-200	6,2	0,2	5,6
B737-400	5,8	0,2	5,0
B737-500	5,5	0,2	4,8
B737-600	5,7	0,2	5,0
B737-700	5,9	0,2	5,1
B737-800	5,8	0,3	4,9
B767-200	8,5	2,0	8,1
B767-300	9,4	2,0	8,1

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconí

La flota de diseño la constituyen los aviones que con más frecuencia operan o pudiesen operar en el aeropuerto; además del avión crítico, ya que intervienen a la vez factores operativos y de seguridad.

Armonización de indicaciones: El primer paso de cálculo consiste en armonizar las indicaciones del ILS con las del PAPI. Para ello se toma como distancia de los ojos del piloto a la antena del ILS, el promedio de las distancias de la flota. Cabe remarcar que se hace un promedio, y no se toma como avión crítico el que tiene mayor distancia H2. Si se tomará como distancia la del avión mayor; para ese avión en concreto las indicaciones del PAPI se corresponderían exactamente con las del ILS. Por ejemplo, justo cuando el piloto ve que la tercera unidad del PAPI empieza a lucir de color blanco, observaría en cabina la barra del ILS un punto por encima del glideslope.

Sin embargo el avión con distancia, ojos-antena más alejado que el de la anterior; la tripulación observaría indicaciones fuertemente descoordinadas. Por lo tanto se hace

una media, porque lo que se busca es no dar una indicación perfecta a una aeronave en concreto, sino minimizar el error conjunto teniendo en cuenta cada una de ellas.

NOTA: Para lograr una mejor armonización con el ILS, se utiliza un sector en el rumbo de 30' que proporciona un reglaje de 2°45' para el elemento 2. Como se muestra en la Tabla 4.25 (Tabla de Reglaje de las unidades PAPI). [4]

Se calcula ahora la distancia del PAPI al umbral con el criterio anteriormente descrito y según la ecuación (2):

$$D = (H_2 + H_r) * \cot(\theta) \quad (2)$$

Con un ángulo θ de 3° y una altura nominal de sobrevuelo sobre el umbral H_r de 15 metros y tomando $H_2 = 1,5 \text{ m}$ que es la media de la Tabla 4.22 tenemos:

$$D = (1,5 \text{ m} + 15 \text{ m}) * \cot(3^\circ) = 314,8 \text{ m}$$

Margen vertical sobre el umbral: Además del criterio de armonización de las indicaciones entre el PAPI y el ILS se establece por seguridad, en la normativa una distancia mínima a la que las ruedas del avión deben sobrevolar el umbral, denominado margen. La normativa establece dicha distancia en función del parámetro anteriormente presentado H3. En la Tabla 4.27 se muestran las dependencias concretas:

Tabla 4.27: Margen de sobrevuelo de las ruedas sobre el umbral

Altura de los ojos del piloto respecto a las ruedas en configuración de aproximación	Margen vertical deseado de las ruedas (m)	Margen vertical mínimo de las ruedas (m)
Hasta 3 m (exclusivo)	6	3
Desde 3 m hasta 5 m (exclusivo)	9	4
Desde 5 m hasta 8 m (exclusivo)	9	5
Desde 8 m hasta 14 m (exclusivo)	9	6

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

Elaborado por. Renato Falconí

Se escoge el margen vertical deseado, ya que el mínimo solo puede escogerse previa realización de un estudio aeronáutico de seguridad; que demuestre que el diseño es como mínimo igual de seguro que si se hubiera escogido el margen vertical deseado.

Teniendo en cuenta la tabla anterior se obtiene que el margen vertical deseado para todos los aviones que se están considerando sea de 9 m.

A continuación se comprueba que, con el criterio de armonización entre el ILS y el PAPI no se está haciendo sobrevolar el umbral a ningún avión de la flota de diseño por debajo del margen vertical deseado. Para realizar dicho cálculo se requiere primeramente hallar la altura de los ojos del piloto sobre el umbral (*MEHT*) con la expresión de la ecuación (3):

$$MEHT = D * \tan(M) \quad (3)$$

$$MEHT = 314,8 \text{ m} * \tan(2^{\circ}43') = 15 \text{ m}$$

Donde *D* es la distancia del umbral a la que se encuentra el PAPI, anteriormente calculada con el criterio de armonización de indicaciones y *M* es por definición de la normativa, el ángulo de reglaje de la unidad número dos menos 2 minutos de arco, es decir 2°43'. El margen de franqueamiento (*M_v*) de cada aeronave se calcula mediante la ecuación (4) siguiente:

$$M_v = MEHT - H_1 \quad (4)$$

A continuación en la Tabla 4.28, se presenta valores comparando el margen vertical calculado para cada aeronave, y el margen deseado.

Tabla 4.28: Margen especificado y calculado para las aeronaves de la flota

Aviones	Mv (deseado) (m)	Mv (efectivo) (m)	Mv (efectivo) > Mv (deseado)
A318	9,0	7,7	No
A319	9,0	7,7	No
A320	9,0	7,7	No
B737-200	9,0	8,7	No
B737-400	9,0	9,1	Si
B737-500	9,0	9,5	Si
B737-600	9,0	9,3	Si
B737-700	9,0	9,1	Si
B737-800	9,0	9,1	Si
B767-200	9,0	6,4	No
B767-300	9,0	5,6	No

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconí

Como se puede observar, la mayoría de aviones no cumplen con el margen vertical, siendo el peor de los casos el B767-300 cuya altura de sobrevuelo de las ruedas al paso por el umbral es de 5,6 m.

Debe recalcularse por lo tanto la posición del PAPI para asegurar el paso de todas las aeronaves por encima del margen vertical. Se hace notar que este criterio prevalece sobre el de la armonización, de las indicaciones que se verá alterado. La nueva distancia se calcula aplicando la ecuación (5):

$$D = (H_1 + M_{v(d)}) * \cot(M) \quad (5)$$

Donde H_1 y el margen vertical deseado son los de la aeronave crítica, que se ha observado es el B767-300.

$$D = (9,4 + 9) * \cot(2^\circ 43') = 387,32 \text{ m}$$

A continuación se recalcula el MEHT con el objetivo de comprobar que para la nueva distancia escogida todas las aeronaves sobrevuelan el umbral por encima del margen vertical deseado. La Tabla 4.29 muestra dichos valores recalculados.

$$MEHT = 18,40 \text{ m}$$

Tabla 4.29: Margen de franqueamiento recalculado y la nueva posición del PAPI

Aviones	Mv (deseado) (m)	Mv (efectivo) (m)	Mv (efectivo) > Mv (deseado)
A318	9,0	11,1	Si
A319	9,0	11,1	Si
A320	9,0	11,1	Si
B737-200	9,0	12,2	Si
B737-400	9,0	12,6	Si
B737-500	9,0	12,9	Si
B737-600	9,0	12,7	Si
B737-700	9,0	12,5	Si
B737-800	9,0	12,6	Si
B767-200	9,0	9,9	Si
B767-300	9,0	9	Si

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconí

Se observa que todas las aeronaves cumplen el requisito siendo tal y como se esperaba por el procedimiento de cálculo el margen de la aeronave crítica exactamente igual al deseado.

Correcciones: A continuación deben realizarse correcciones debidas a que las luces del PAPI no se encuentran en el mismo plano horizontal que la pista. Hasta ahora la distancia solo ha dependido de la flota de diseño, al introducir la topografía del terreno sin embargo, la distancia será diferente para cada una de las pistas.

- *Corrección en función de variaciones de la altura del terreno*, es la primera corrección que se toma en cuenta antes de obtener la distancia efectiva desde el umbral al emplazamiento de las luces PAPI. Y se utiliza los datos de levantamiento topográfico de la Fig. 4.38.

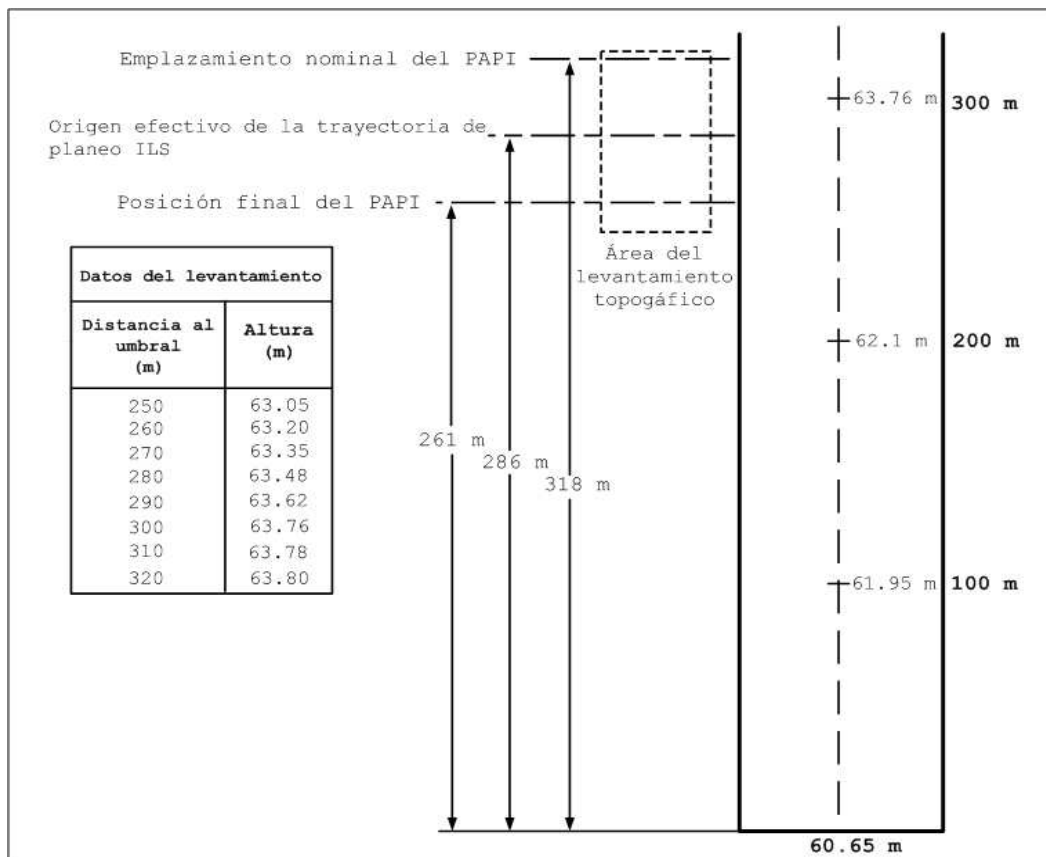


Fig. 4.38: Datos de levantamiento topográfico
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

NOTA: Se debe calcular con las alturas del terreno hasta que la diferencia de alturas sea menor a la altura del centro del lente de la unidad PAPI, en este caso 0,5 m.

Verificación de la altura sobre el terreno:

- Altura del terreno a 387,32 m: 63,48 m
- Altura del terreno en el umbral: 60,65 m
- Diferencia: - 2,83 m

Para calcular la nueva distancia del PAPI se utiliza la ecuación (6):

$$D = D_n + (H_u - H_n) * \cot(M) \quad (6)$$

Donde D_n es la altura del terreno; H_n es la altura del terreno y H_u es la altura del terreno en el umbral las dos alturas con referencia en la Fig. 4.37.

$$D = 387,32 \text{ m} + (60,65 \text{ m} - 63,48 \text{ m}) * \cot(2^\circ 43') = 327,74 \text{ m}$$

La posición corregida del PAPI es 327,74 m. Para comprobar si la altura es la requerida se realiza una nueva verificación de alturas y su diferencia.

Nueva verificación de altura sobre el terreno:

- Altura del terreno a 387,32 m: 63,48 m
- Altura del terreno a 327,74 m: 63,80 m
- Diferencia: 0,32 m

NOTA: La diferencia es inferior a 0,5 m; por lo tanto, no es necesaria ninguna otra corrección de la posición.

- *Corrección de la posición del PAPI en función de la altura de la lente.* Finalmente se realiza una última corrección debida a la altura de la lente que no se encuentra empotrada en el suelo. Se ha tomado una altura de la lente de 0,5 metros como media entre el nivel del suelo y la más alta que puede encontrarse que por normativa no debe superar los 0,9 m. La corrección se realiza aplicando la ecuación (7):

$$D = D_f - H_l * \cot(M) \quad (7)$$

Donde H_l es la altura de la lente y D_f la distancia anterior:

$$D = 327,74 \text{ m} - 0,5 \text{ m} * \cot(2^\circ 43')$$

$$D = 317,22 \approx 317 \text{ m}$$

La nueva distancia es de 317 m.

Resultado Final: Una vez realizadas todas las correcciones se debe comprobar que todos los aviones mantienen el margen de franqueamiento deseado. Para ello se calcula por lo tanto el nuevo MEHT y el margen vertical de cada aeronave.

El nuevo MEHT calculado resulta ser de 15,10 metros. Los nuevos márgenes verticales al paso por el umbral se muestran en la Tabla 4.30:

Tabla 4.30: Márgenes deseados y efectivos sobre el umbral recalculado

Aviones	Mv (deseado) (m)	Mv (efectivo) (m)	Mv (efectivo) > Mv (deseado)
A318	9,0	7,8	No
A319	9,0	7,8	No
A320	9,0	7,8	No
B737-200	9,0	8,9	No
B737-400	9,0	9,3	Si
B737-500	9,0	9,6	Si
B737-600	9,0	9,4	Si
B737-700	9,0	9,2	Si
B737-800	9,0	9,3	Si
B767-200	9,0	6,6	No
B767-300	9,0	5,7	No

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconí

Se observa que no toda la Flota de Diseño cumple con el margen vertical por lo que deberá corregirse la posición de nuevo, mediante la ecuación (8) se calcula la distancia a adelantar el PAPI:

$$MEHT = D_n * \tan(M) + (H_n - H_u) + 0,5 \quad (8)$$

Donde D_n es la altura corregida del terreno y H_n su altura en referencia a la Fig. 4.37.

$$MEHT = 317 \text{ m} * \tan(2^\circ 43') + (63,78 \text{ m} - 60,65 \text{ m}) + 0,5 \text{ m}$$

$$MEHT = 18,7 \text{ m}$$

Se comprueba de nuevo que con la nueva MEHT todas las aeronaves cumplen el margen vertical; como se muestra en la Tabla 4.31.

Tabla 4.31: Nuevos márgenes deseados y efectivos sobre el umbral

Aviones	Mv (deseado) (m)	Mv (efectivo) (m)	Mv (efectivo) > Mv (deseado)
A318	9,0	11,4	Si
A319	9,0	11,4	Si
A320	9,0	11,4	Si
B737-200	9,0	12,5	Si
B737-400	9,0	12,9	Si
B737-500	9,0	13,2	Si
B737-600	9,0	13	Si
B737-700	9,0	12,8	Si
B737-800	9,0	12,9	Si
B767-200	9,0	10,2	Si
B767-300	9,0	9,3	Si

Fuente. Aeropuerto Jumandy. [14].
Elaborado por. Renato Falconf

NOTA: Se comprueba que todos los aviones cumplen con el margen vertical por lo que, la distancia de las unidades PAPI al umbral de la pista se fijará definitivamente en **393,7 metros**.

Tolerancias de Emplazamiento: Las tolerancias de emplazamiento implican el enfoque de azimut y la tolerancia en la altura de montaje. [19] y [20]

- *Enfoque de azimut:* Cada unidad de luz se dirige hacia el exterior en la zona de aproximación en una línea paralela al eje de la pista con una tolerancia de $\pm 1/2^\circ$.
- *Tolerancia en la altura de montaje:* Los centros de haces de todos los elementos luminosos deben estar dentro $\pm 2,54$ cm de un plano horizontal. Este plano debe estar dentro $\pm 30,48$ cm de la elevación del eje de la pista en el punto de intersección del ángulo de aproximación visual con la pista excepto para consideraciones adicionales de emplazamiento. [19] y [20]

Cimientos PAPI: Las unidades PAPI se instalarán sobre plataformas de concreto (bases de cemento) a nivel del suelo con coples frangibles. La base debe extenderse por lo menos 30,48 cm por debajo de la línea de congelación o helada y por lo menos 30,48

cm más allá de la unidad de luz para minimizar el daño de las segadoras. Consulte el **ANEXO A: Planos** (Plano 3 “Plataforma de concreto”); El plano muestra las dimensiones que son generalmente aceptables para la plataforma de concreto de la unidad PAPI de dos lámparas. Para construir la plataforma de concreto y anclar los accesorios de apoyo, realice el siguiente procedimiento:

1. Verificar el eje longitudinal de las unidades de luz paralelo al eje de la pista.
2. Cavar el agujero para la plataforma de concreto.
3. Coloque espuma en el pozo, debajo de la parte central de la losa; para absorber levantamiento por helada o humedad. Coloque la base L-867 para la unidad PAPI y ductos para cables. Coloque barrillas para las armaduras de hormigón.
4. Vierta el concreto y deje que se endurezca durante al menos un día.
5. Después de establecer el concreto, usando una tiza dibuje un eje longitudinal (junto con estacas de eje en el suelo) en la parte superior de la superficie de la almohadilla.
6. Marque las ubicaciones de los tornillos en la losa; perforar los agujeros con el diámetro y la profundidad requerida.
7. Colocar y sujetar las bridas con los tornillos.
8. Instalar los coples frangibles. Asegúrese de colocar apretadas las tuercas, y bien ajustados los tornillos.

Ángulos de enfoque PAPI: Consulte la Tabla 4.32 para los ángulos de enfoque de las unidades de luz PAPI L-880.

Tabla 4.32: Ángulos de enfoque para las unidades PAPI L-880

PAPI (4 cajas) L-880	Ángulo de enfoque (Minutos de arco) (Instalación estándar)	Ángulo de enfoque (Minutos de arco) (Aeronaves * Altura Grupo 4 en pistas con ILS)
Unidad más cercana a la pista	30' por debajo de la senda de planeo	25' por debajo de la senda de planeo
Siguiente unidad adyacente	50' por debajo de la senda de planeo	45' por debajo de la senda de planeo
Siguiente unidad adyacente	10' por encima de la senda de planeo	15' por encima de la senda de planeo
Siguiente unidad adyacente	30' por encima de la senda de planeo	35' por encima de la senda de planeo

Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].
Elaborado por. Renato Falconí.

NOTA: 60 minutos de arco = un grado ($60' = 1^\circ$)

Unidad de montaje: Para montar la unidad, realice el siguiente procedimiento:

1. Consulte la Fig. 4.39. Montar suavemente la unidad PAPI en las cuatro piernas de anclaje de manera que la unidad se apoye en la parte superior de la arandela plana inferior, arandela de seguridad, y la tuerca hexagonal. [19] y [20]
2. Asegúrese de que la parte inferior de la unidad está descansando en la parte superior de la arandela plana inferior. [19] y [20]
3. Asegúrese de que todas las tuercas de fijación de los coples frangibles estén apretados. [19] y [20]

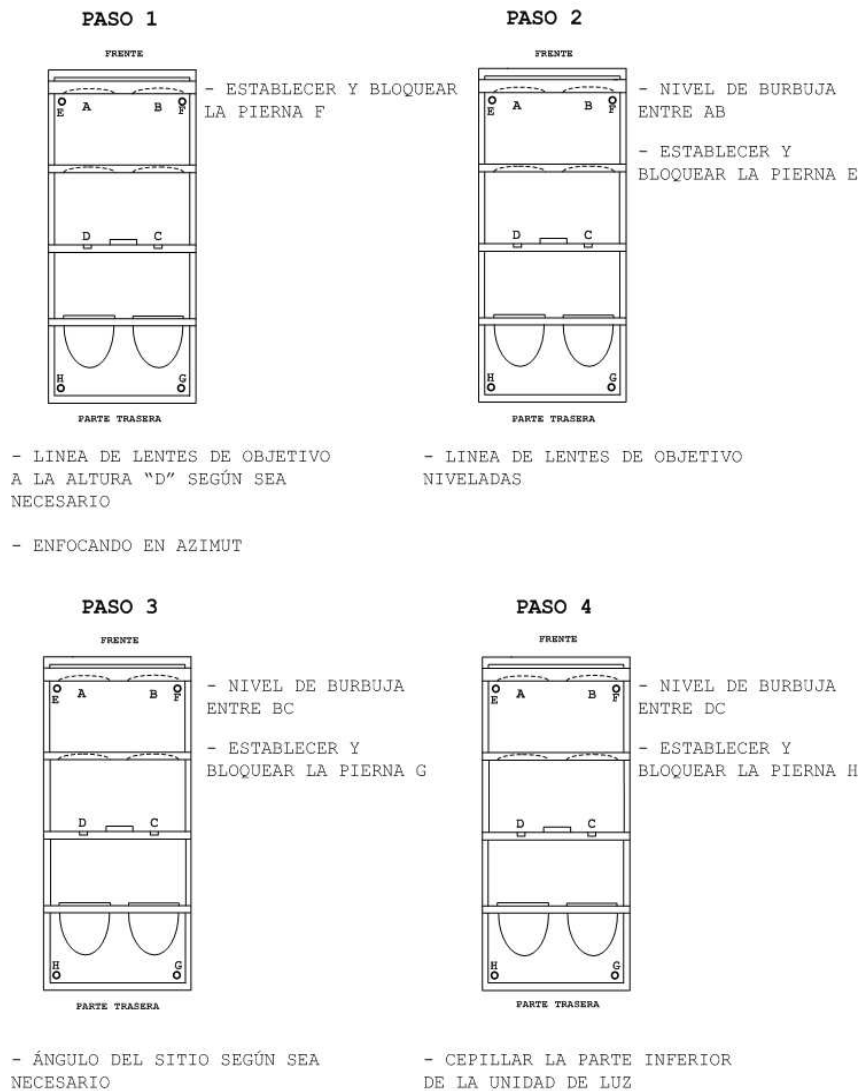


Fig. 4.39: Montaje piernas de anclaje y unidad PAPI
Fuente: <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Alineación de unidades: La alineación de las unidades implica el uso del dispositivo de enfoque y/o el nivel de burbuja para una mejor efectividad en el emplazamiento de las unidades PAPI. [19] y [20]

Uso del dispositivo de enfoque: El dispositivo de enfoque tiene dos escalas graduadas, una gran escala metálica y una escala de plástico (en la parte superior del brazo del dispositivo de enfoque) que se utilizan para ajustar el ángulo de enfoque. [19] y [20]

La ***escala metálica*** es calibrada en ***10 minutos de arco*** desde 0° a 10° . Donde hay 60 minutos de arco en un grado ($60' = 1^\circ$ o $30' = 1/2^\circ$), hay 6 divisiones (0-10', 10-20', 20-30', 30-40', 40-50', 50-60') entre cada marca tic de grado en la escala. Note la marca tic de 30 minutos o $1/2$ grado entre cada marca tic de grado (0 a 1° , 1 a 2° , 9 a 10°) en la escala metálica es ligeramente más largo las marcas tic que los 10', 20' o 40' y 50'.

La ***escala plástica*** es calibrada en ***minutos de arco*** desde 0 a 10 minutos. Si se desea un ajuste angular de, por ejemplo, $3^\circ 30'$; se obtiene dicha configuración del dispositivo de enfoque; moviendo la barra superior del dispositivo de enfoque con la escala graduada de plástico unida para que la línea de 0 en la escala de plástico se alinee exactamente con la marca tic $3^\circ 30'$ en la escala metálica (los 30 minutos (30') marca tic está a medio camino entre las marcas tic de 3 grados y 4 grados). Después de obtener este valor apriete el tornillo de bloqueo en la parte superior del brazo para fijar la posición angular. [19] y [20]

Supongamos ahora que se desea un ángulo de $3^\circ 35'$. Para obtener esta configuración siga el procedimiento siguiente:

1. Establecer la línea de 0 en la escala de plástico en la marca tic $3^\circ 30'$ como se describió anteriormente. [19] y [20]
2. Busque la línea 5 minutos en la escala de plástico. No va a estar alineado con ninguna de las marcas tic en la escala metálica. [19] y [20]
3. Para obtener el valor deseado de $3^\circ 35'$, mueva lentamente la línea de 5 minutos hacia arriba hasta que se alinee exactamente con la siguiente marca tic en la escala metálica. La línea de 5 minutos en la escala de plástico se alinea exactamente con la

marca tic de $4^{\circ}20'$ en la escala metálica cuando el dispositivo de enfoque está configurado para $3^{\circ}35'$. [19] y [20]

NOTA: La línea 0° en la parte inferior de la escala de plástico se centrará entre la marca tic de $3^{\circ}30'$ y la marca tic de $3^{\circ}40'$ en la escala metálica. Apriete el tornillo de bloqueo en la parte superior del brazo para asegurar la configuración angular del brazo. [19] y [20]

4. Practique el uso del dispositivo de enfoque para obtener los siguientes ajustes angulares: $3^{\circ}33'$ y $3^{\circ}38'$. [19] y [20]

NOTA: La configuración angular $3^{\circ}33'$ se obtiene cuando la línea de 3 minutos en la escala de plástico está alineado con la marca tic 4 grados en la escala metálica; la configuración angular $3^{\circ}38'$ se obtiene cuando la línea de 8 minutos en la escala de plástico está alineado con la marca tic $4^{\circ}50'$ en la escala metálica. [19] y [20]

Observaciones Preliminares: Las observaciones siguientes deben tenerse en cuenta en todas las operaciones:

- Cuando se maneje la unidad y, en particular, durante la instalación y el enfoque, evitar el movimiento de la referencia de los tornillos de ajuste en los bloques A y B.

NOTA: Cualquier movimiento accidental de estos tornillos será necesario restablecer en la fábrica por personal especializado. [19] y [20]

- Cuando se coloca el dispositivo de enfoque en la unidad PAPI, asegúrese de que los orificios y ranuras en los brazos móviles del dispositivo de enfoque son insertados correctamente sobre las cabezas de los tornillos en los bloques de referencia (A y B) y en las ranuras de referencia (C y D). [19] y [20]
- El nivel de burbuja se debe colocar con cuidado entre los tornillos de localización en la barra del dispositivo de enfoque o en contra de los tornillos de ubicación en los brazos móviles. [19] y [20]

Comprobación de Enfoque Horizontal: No es necesario para la alineación que sea absolutamente perfecto. Un error de 20 centímetros (508 mm) a 50 m produce un error de 0.5° , que está dentro de la tolerancia. [19] y [20]

Configuración de elevación aproximada: Si las patas de la unidad están instalados a la misma altura y nivel, la unidad estará dirigida a aproximadamente 3 grados.

Para realizar este ajuste de la unidad, utilice el siguiente procedimiento:

1. Consulte el Paso 2, Fig. 4.39. Coloque el nivel de burbuja entre los tornillos de localización en el brazo móvil que descansa sobre bloques de referencia A y B.
2. Consulte la Fig. 4.39. Nivelar mediante el ajuste de las tuercas hexagonales en la pierna frontal izquierda E. [19] y [20]
3. Apretar las tuercas hexagonales simultáneamente. [19] y [20]
4. Consulte el Paso 3, Fig. 4.39. Coloque un nivel entre los tornillos de localización en la barra del dispositivo de enfoque reposando en el bloque de referencia B y ranura C. [19] y [20]
5. Consulte la Fig. 4.39. Nivelar mediante el ajuste de la tuerca hexagonal de la pierna trasera derecha G. Durante esta operación, la parte inferior rígida de la unidad debe estar libre de la tuerca hexagonal en la pierna trasera izquierda H. [19] y [20]
6. Posicionar la tuerca hexagonal superior en la pierna G contra la arandela plana superior. Simultáneamente apriete las tuercas hexagonales y en la pierna G. [19] y [20]
7. Consulte el Paso 4, la Fig. 4.39. Coloque un nivel entre los tornillos de ubicación en el brazo móvil descansando en las ranuras de referencia C y D. [19] y [20]
8. Consulte la Fig. 4.39. Nivelar mediante el ajuste de la tuerca hexagonal en la pierna trasera izquierda H. Algunos ajustes de la tuerca hexagonal superior también pueden ser necesarios. [19] y [20]
9. Posicionar la tuerca hexagonal en la pierna H contra la arandela plana superior. Simultáneamente apriete las tuercas hexagonales. [19] y [20]
10. Apriete la tuerca hexagonal inferior en la pierna F. [19] y [20]

Configuración de elevación detallada: Para ajustar la configuración de elevación usando el diferencial, realice el siguiente procedimiento:

1. Colocar el dispositivo de enfoque en la unidad de modo que descansa en los tornillos de los bloques de referencia A y B, y ranuras C y D. [19] y [20]

2. Consulte la Fig. 4.39, Paso 1. Asegúrese de que las tuercas de seguridad para el diferencial en la parte delantera derecha de la pierna F se aprieten. Las tuercas de seguridad para los diferenciales en las otras piernas tienen que permanecer sueltas.
3. Consulte la Fig. 4.39, Paso 2. Coloque un nivel en el brazo del dispositivo de enfoque apoyado en los bloques de referencia A y B. Nivelar girando el diferencial en la parte delantera izquierda de la pierna E en la dirección correcta. Apretar las tuercas de seguridad en el diferencial en la pierna E cuando este nivelado. [19] y [20]
4. Consulte la Fig. 4.39, Paso 3. Coloque el nivel de burbuja en la barra del dispositivo de enfoque apoyado en el bloque de referencia B y ranura C. Continúe con el procedimiento de nivelación mediante el ajuste del diferencial en las piernas traseras G y H, girando ambos diferenciales en la misma dirección con igual amplitud.
5. Apretar las tuercas hexagonales de seguridad en el diferencial en la pierna G cuando se complete la nivelación. [19] y [20]
6. Consulte la Fig. 4.39, Paso 4. Coloque un nivel en el brazo movable apoyado en las ranuras C y D. Nivelar girando el diferencial de la pierna izquierda trasera H en la dirección apropiada. Apretar las tuercas hexagonales de seguridad en el diferencial en la pierna H cuando se ha completado la nivelación. [19] y [20]
7. Repita el ajuste de elevación mostrado en los pasos 2 a 5. Si la configuración todavía no es correcta, volver atrás y repetir los pasos de ajuste de elevación aproximada y detallada hasta obtener la configuración correcta. [19] y [20]

Instalación de los Interruptores de Inclinación: Los interruptores de inclinación son dispositivos que censan o controlan el ángulo de inclinación de las unidades PAPI, si este; ha sido alterado o desubicado de una configuración previa. Son de uso opcional y vienen empacados por separado. El interruptor de inclinación debe estar instalado en la parte trasera de la unidad PAPI (en el exterior) de manera que las dos flechas negras en la etiqueta del interruptor de inclinación estén apuntando hacia arriba. [20]

NOTA: En la implementación del sistema PAPI del Aeropuerto Jumandy no se utilizará el interruptor de inclinación, debido a que implica un costo adicional para el aeropuerto; y sobre todo porque no es relevante su utilidad en las condiciones de tráfico aéreo que presenta esta terminal aérea; además porque se establece una rutina de mantenimiento preventivo y correctivo.

Para instalar el interruptor de inclinación, realice el siguiente procedimiento:

1. Colocar el soporte con el interruptor de inclinación sobre los dos agujeros en la parte posterior izquierda de la unidad (en la parte externa cerca de la pata H). El soporte está en la posición correcta si las flechas negras en la etiqueta del interruptor de inclinación están apuntando hacia arriba. [20]
2. Instale el perno a través de la arandela plana y luego a través del soporte del interruptor de inclinación y a través de uno de los dos agujeros en el marco PAPI, y coloque la arandela de seguridad y la tuerca en el perno. No apriete completamente.
3. Instale el otro perno por el segundo agujero del soporte del interruptor de inclinación y apriete los dos pernos de manera que el soporte esté seguro contra el marco PAPI.
4. Consulte las Tablas 4.33 hasta 4.36. Pase el cable del interruptor de inclinación a través del conector impermeable del cable en el lado del montaje de la caja máster o esclavo, y hacer conexiones a TB1 como se indica en las **ANEXO A: Planos** (Plano 9 y Plano 10 “Cableado interno interruptor de inclinación Máster y Esclavo”). [20]

Tabla 4.33: Conexiones del Interruptor de Inclinación Caja Máster

Cables del interruptor de inclinación	Conexiones de la Caja Máster
Cable #104 blanco	TB1-9
Cable #101 Negro	TB1-10
Cable #102 verde	TB1-12
Cable #103 rojo	TB1-13

Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.34: Conexiones de los Cables de la Lámpara Caja Máster

Cuando se conecta este cable de la lámpara...	Conecte al conector hembra en...
DS1 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #211
DS1 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #214
DS2 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #215
DS2 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #218
DS3 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #221
DS3 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #222

Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.35: Conexiones del Interruptor de Inclinación Caja Esclavo

Cables del interruptor de inclinación	Conexiones de la Caja Máster
Cable #103 rojo	TB1-9
Cable #102 verde	TB1-10
Cable #101 negro	TB1-11
Cable #104 blanco	TB1-12

Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Elaborado por. Renato Falconí

Tabla 4.36: Conexiones de los Cables de la Lámpara Caja Esclavo

Cuando se conecta este cable de la lámpara...	Conecte al conector hembra en...
DS1 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #211
DS1 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #214
DS2 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #215
DS2 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #218
DS3 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #221
DS3 terminal macho del cable de la lámpara	Cable #222

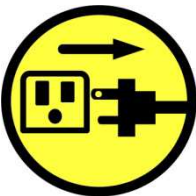
Fuente. <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>. [20].

Elaborado por. Renato Falconí

- Para nivelar el interruptor de inclinación, colocar un nivel de burbuja de precisión en la parte superior del interruptor de inclinación. Afloje los pernos y ajuste la posición hacia arriba/abajo del interruptor de inclinación hasta que el nivel sea correcto. Apriete los pernos de seguridad. [20]

NOTA: Utilice un nivel de precisión como el ± 0.004 in/ft grado de nivel de precisión utilizado para la nivelación de las unidades PAPI. [20]

Conexión del Circuito en Serie: Esta sección describe los requisitos de cableado del circuito serie. [19] y [20]

	<p>ADVERTENCIA: Antes de realizar las conexiones de los cables, asegurarse de que este apagado el regulador de corriente constante. El incumplimiento de esta advertencia puede ocasionar lesiones personales, muerte, o daños en el equipo.</p>
---	---

Unidades de conexión a tierra: Cada unidad PAPI debe estar conectada a tierra. Para conectar a tierra cada unidad: Conecte un cable de tierra AWG #12 (mínimo) al terminal de tierra situado en la brida del piso en la unidad PAPI pierna trasera. [19] y [20]

NOTA: Un kit de empalme de campo está disponible para la instalación PAPI L-880. Cada kit de empalme de campo ofrece suficientes elementos para toda la instalación.

Uso de transformadores de aislamiento: Un transformador de aislamiento L-830 es necesario para conectar el circuito de iluminación serie para cada uno de las dos lámparas en cada unidad PAPI. [19] y [20]

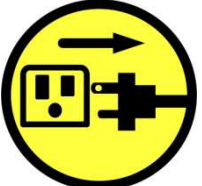
NOTA: Utilice transformadores de aislamiento L-830-6 (6.6 A/6.6 A, 200 W) en un circuito en serie de 6.6 A y transformadores de aislamiento L-830-7 (20 A/6.6 A, 200 W) para circuitos de iluminación serie de 20 A. Una base L-867 instalada en la plataforma cerca de cada unidad PAPI se utiliza para albergar a los dos transformadores. [19] y [20]

Conexión del cableado externo: Todo el cableado de la instalación debe cumplir con las secciones aplicables de la IEEE. Haga las conexiones de cable, como se muestra en las **ANEXO A: Planos** (Plano 9, Plano 10 “Cableado interno interruptor de inclinación Máster y Esclavo”).

NOTA: Todo el cableado externo tiene que ser de un mínimo de 16 AWG/600 V. Después de hacer todas las conexiones de cableado y comprobar el funcionamiento de las unidades, instalar sellante de conducto o RTV en todas las entradas de conducto.

- *El tamaño del cable primario debe ser cuidadosamente escogido* para asegurar una realización óptima del sistema. Seleccione el tamaño como es indicado por planos y especificaciones. Si los transformadores son ubicados hasta 9,14 m de la unidad de iluminación, cable #10 es adecuado para el circuito de la lámpara, y cable #16 es adecuado para el circuito del interruptor de inclinación (no requerido para especificación del PAPI OACI y no utilizado en el Aeropuerto Jumandy). [19] y [20]
- *Para proteger los cables entre la unidad de iluminación y el punto en que va subterráneo, 1 pulgada de tubo eléctrico flexible impermeable es una buena selección. Puede ser terminado en un codo eléctrico para entrar en la zanja.* [19] y [20]

- *Conecte una barra de suelo* a cada unidad de iluminación, a su conexión de tierra.
- *Conecte dos transformadores de aislamiento de 200 vatios* a cada unidad de iluminación. Consulte el **ANEXO A: Planos** (Plano 7 y Plano 8 “Conexión general y detallada de las Unidades PAPI”).

	<p>ADVERTENCIA: Asegure que el circuito de serie de electricidad ha sido apagado y aislado y que los entrelazos de seguridad han sido aplicados antes de proceder con este paso.</p>
---	---

Potencia eléctrica: La potencia eléctrica del sistema es suministrada por un circuito de serie que viene de un regulador de corriente constante y de 8 transformadores aislados de 200 vatios para el sistema L880; cuando son unidades de iluminación de 2 lámparas por cada unidad. [19] y [20]

Comprobación de los ángulos de inclinación de las unidades PAPI: Para realizar esta medición, será necesario utilizar un instrumento topográfico o un nivel de burbuja con telescopio y la participación de un inspector. Para comprobar los ángulos de inclinación de las unidades PAPI, realice el siguiente procedimiento:

1. Consulte la Fig. 4.40. Coloque el instrumento de medición de 1.83 a 3.05 m detrás de la unidad hacia abajo del haz. [19] y [20]
2. Una estaca topográfica de aproximadamente 4,88 m está en manos de un ayudante, en frente de la unidad. [19] y [20]
3. Tome la lectura A para la intersección de la horizontal del telescopio con la estaca.
4. Tome la lectura B para la intersección del plano de corte del haz de luz con la participación de la estaca topográfica. [19] y [20]
5. El asistente debe ahora mover una distancia medida con precisión de alrededor de 15 a 20 m ($\pm 0.25\%$) abajo del haz y tomar las mismas medidas A' y B', como en los pasos anteriores 3 y 4. [19] y [20]

NOTA: El ángulo (X) del haz de corte a la horizontal se encuentra con la siguiente fórmula:

$$\tan x = (\overline{A'B'} - \overline{AB})/D$$

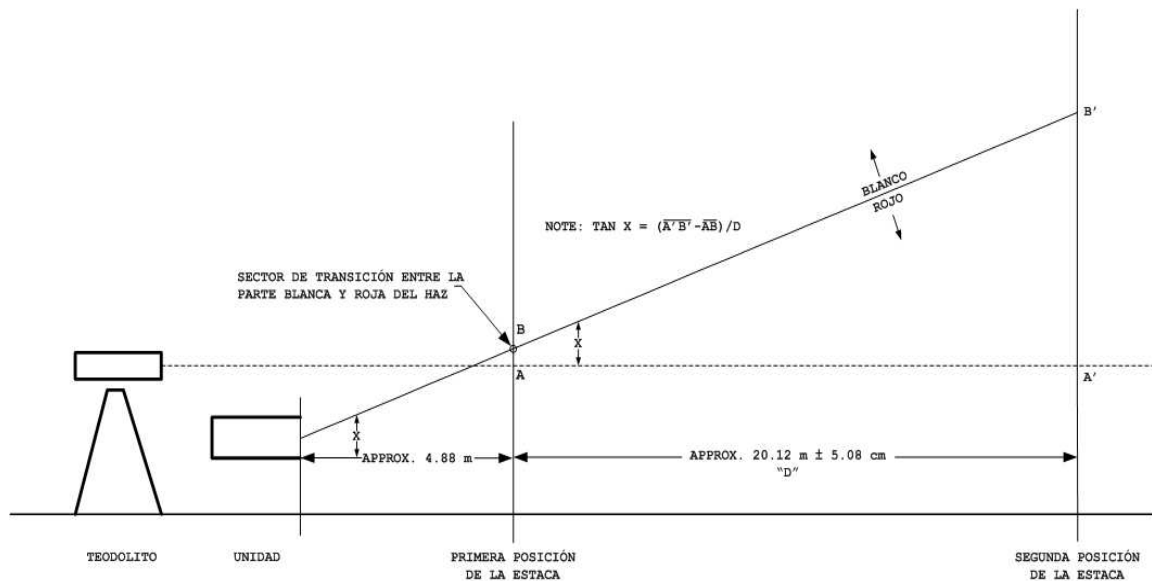


Fig. 4.40: Comprobación de los ángulos de inclinación
Fuente. Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. [4].

NOTA: La sobrelínea ($\overline{\quad}$) denota la longitud.

Donde **D** es la distancia horizontal entre las dos posiciones de la estaca topográfica. Para verificaciones similares que puedan ser programados en el futuro, utilice una pequeña plataforma de concreto que sostenga un tubo galvanizado; para ser colocados en frente de cada unidad a las distancias utilizadas anteriormente. [19] y [20]

4.8.4 Operación

Las condiciones de funcionamiento para el sistema PAPI se discuten a continuación.

Funcionamiento Normal: El sistema PAPI debe funcionar de forma continua, siempre y cuando la pista esté en servicio. Por la noche, el sistema puede funcionar de forma continua en cualquier intensidad seleccionada por el CCR. [19] y [20]

Criterios para la desactivación del sistema: A la espera de la reparación y siempre que se supervisa continuamente; una sistema en la que una de las lámparas ha fallado todavía puede considerarse como operativo. Si el sistema PAPI mostrará defectos más graves, debe ser puesto fuera de servicio. [19] y [20]

Prueba de vuelo: Antes de poner en servicio, el sistema PAPI debe ser completamente vuelo verificado. La prueba de vuelo debe incluir volar sobre cualquier y todas las obstrucciones en el área de aproximación para asegurar que todas las unidades de iluminación muestren rojo cuando estén cerca de las obstrucciones. Varias aproximaciones normales deben ser ejecutadas para asegurar buena señal en todos los puntos de la trayectoria de aproximación. [19] y [20]

4.8.5 Equipos de Potencia y Distribución

Este apartado describe las características de los componentes eléctricos utilizados en la implementación del sistema electrónico de luces PAPI.

Regulador de Corriente Constante YOUYANG: La Fig. 4.41 muestra el Regulador de Corriente Constante YCR 5000 YOUYANG. [19]



Fig. 4.41: Regulador de Corriente Constante YCR 5000
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19]

Cumplimiento de las normas:

- OACI: Manual de diseño de aeródromos, Part5.
- FAA: AC 150/5345-10, L-828.

La Tabla 4.37 muestra las especificaciones del CCR YCR 5000.

Tabla 4.37: Especificaciones del CCR YCR 5000

Descripción	Especificaciones
Tipo	Control de fase Tiristor
Valoraciones	4, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30 KW
Voltaje de entrada	Monofásico 208V, 220V o 380V 50/60 Hz.
Corriente de salida	6.6 A máx.
Brillo de paso	7 pasos ajustables (1, 3, 5 o 7 pasos) (Opción: Paso para no iluminación 1,8A)
Precisión	Todo paso: dentro $\pm 1\%$
Factor de potencia	> 90% en la entrada nominal y carga completa
Control de eficiencia	> 90% en la entrada nominal y carga completa
Control remoto	Paralelo: 24 V(DC) a 60 V(DC) Serial: Doble línea RS-485
Protección	Protección de sobre-corriente: I ₂ =6,85 A < 4 seg. / I ₂ = 6,93 A < 2 seg. I ₂ =7,10 A < 1 seg. / I ₂ = 8,30 A < 0,3 seg. Protección de circuito abierto: I ₂ =1,50 A < 1 seg.
Monitoreo	Monitoreo de sobre-corriente Monitoreo de circuito abierto Monitoreo de falla de fusibles Monitoreo de error en la regulación de corriente Monitoreo de la pérdida de potencia de entrada Monitoreo de fallo de lámpara Monitoreo de falla a tierra Monitoreo en tiempo transcurrido
Ventilación	Natural de aire refrigerado
Temperatura	Rango de operación de 0 a +55 °C
Humedad	Rango de operación de 10 ~ 95%
Altitud	0 a 2000 m sobre el nivel del mar

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Elaborado por. Renato Falconí

Descripción:

El CCR YCR 5000 está desarrollado especialmente para uso de series de circuitos de iluminación de un aeródromo que toma en cuenta específicos requerimientos para confiabilidad, precisión y fácil mantenimiento. Es de construcción compacta y de fácil adaptación a las demandas operacionales. [19]

Características:

- Unidad independiente.
- Caja dividida en tres áreas: control electrónico, bajo y alto voltaje.
- Promedio de temperatura operacional: 0° a + 55 °C.

- Corriente de salida: 6.6 A o 20 A (1, 3, 5 medidas).
- Capacidad de 4 a 30 KW (*Control local).
- Control remoto serial de doble línea (*Control remoto paralelo).
- Regulación de la corriente de salida 1.0% (*Factor de energía menos de 90%)
- Eficiencia no menos de 90% (*Protección de sobrecorriente).
- Protección de circuito abierto (*Protección de regulación de error).

Componentes:

Sección de control: Esta sección constituye el sistema-de-control y monitoreo del RCC que usa un microprocesador. Todos los ajustes y los controles se hacen a través de un teclado numérico y de los valores actuales del CCR que están sobre un visualizador LCD y a través de los indicadores LED. La Fig. 4.42 muestra esta sección.



Fig. 4.42: Sección de control

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Los componentes principales de la sección de control son los siguientes:

- Módulo de suministro de energía.
- CPU y módulo de control (incluido el teclado numérico y el módulo LCD).
- Módulo conductor Tiristor.
- Módulo de Monitoreo.
- Módulo de Comunicación.
- Módulo de defecto de lámpara.
- Módulo de defecto a tierra.
- Interruptor selector del circuito.

Sección de alto voltaje: Esta sección suministra corriente a los circuitos en serie y sus componentes principales son los siguientes:

- Transformador de salida.
- Transformador de corriente.

- Transformador potencial.
- Pararrayos de iluminación.

Sección de bajo voltaje: Esta sección recibe la entrada desde la sección de control y ejecuta la fase de control a través del Tiristor. Suministra energía al transformador de salida. Los principales componentes de la sección de bajo voltaje son:

- Cortocircuitos.
- Alimentación del relé.
- Imán de contacto.
- Módulo Tiristor.
- Circuito de accionamiento del Tiristor.

La Fig. 4.43 y la Fig. 4.44 muestra la sección de alto y bajo voltaje respectivamente.



Fig. 4.43: Sección de alto voltaje

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].



Fig. 4.44: Sección de bajo voltaje

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

La Fig. 4.45 visualiza el diagrama de bloque del Regulador de Corriente Constante YOUYANG:

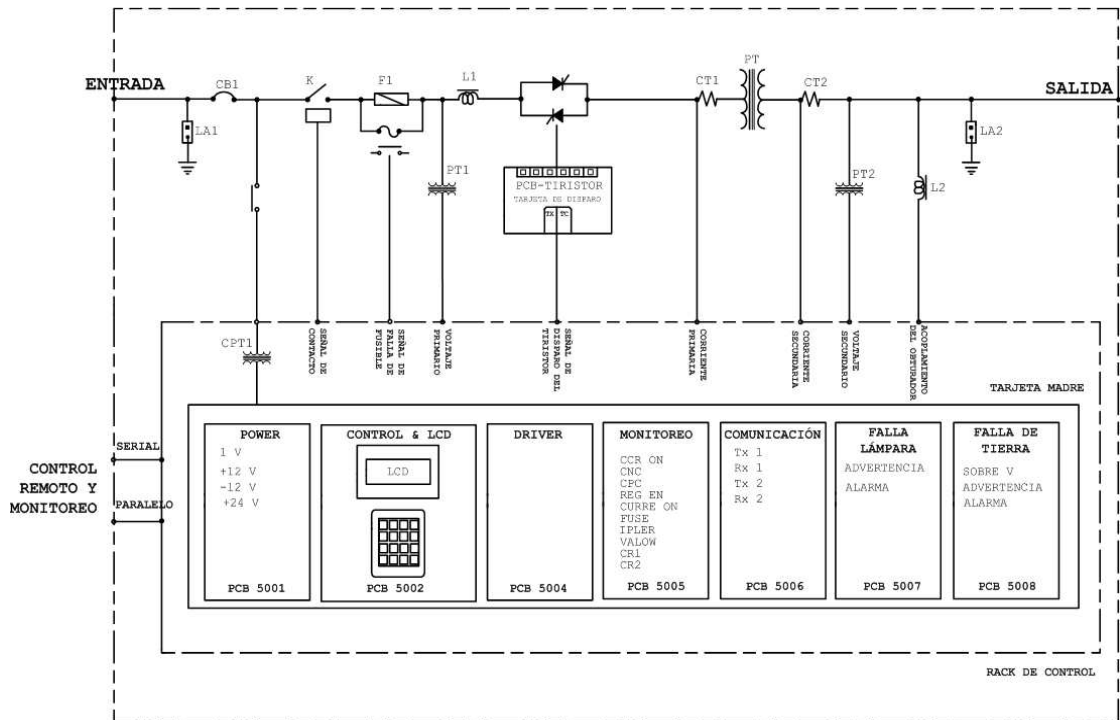


Fig. 4.45: Diagrama de Bloque del Regulador de Corriente Constante
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19]

La Tabla 4.38 representa la salida de corriente del CCR.

Tabla 4.38: Salida de Corriente del CCR YCR 5000

1 Paso	3 Paso	5 Paso	7 Paso
1:6.6 A	3:6.6 A	5:6.6 A	7:6.6 A
	2:5.5 A	4:5.2 A	6:6.4 A
	1:4.8 A	3:4.1 A	5:5.2 A
		2:3.4 A	4:4.1 A
		1:2.8 A	3:3.4 A
			2:2.8 A
			1:2.2 A
Paso para no iluminación: 1.8 A			

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].
Elaborado por. Renato Falconí

Transformador de Aislamiento: La Fig. 4.46 muestra los tipos de transformadores de aislamiento YOUYANG. [19]



Fig. 4.46: Transformador de aislamiento con y sin conexión a tierra
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Cumplimiento de normas:

- FAA: AC 150/5345-47, L-830

Descripción:

Los transformadores de aislamiento IT son diseñados para ser usados en circuitos en serie de iluminación de aeródromos. Los transformadores tienen dos bobinas de cobre, una primaria y la otra secundaria; dichas bobinas están completamente aisladas una de otra sobre la instrucción de un circuito del centro magnético. Los transformadores toroidales son más fiables que los transformadores tradicionales que avanzan sobre un centro convencional. Esto resulta en una corriente de cortocircuito inferior, en un voltaje bajo de circuito abierto y en un reducido tamaño y peso. [19]

Características:

- Completamente a prueba de agua.
- Encapsulado con caucho termoplástico.
- Resistente al aceite, querosene, combustible de aviones, ácidos y álcalis y otros químicos presentes en los aeródromos.
- Promedio de temperatura de funcionamiento: -55°C a + 55°C.
- Cable primario de 600 mm de longitud, corte transversal de 8.0 mm² con recubrimiento y aislamiento en caucho termoplástico.
- Cable secundario de 1200 mm de longitud, corte transversal de 2 cables de 3.5 mm² con recubrimiento y aislamiento en caucho termoplástico.

- Enchufe primario y tomacorriente FAA L-823, Estilo 2.
- Tomacorriente secundario FAA L-823, Estilo 7.
- Disponible sin o con conexión a tierra.

La Tabla 4.39 detalla las características de los transformadores de aislamiento.

Tabla 4.39: Características de los transformadores de aislamiento

Tipo	Clasificación (W)	Amp. Primario (A)	Amp. Secundario (A)	Frecuencia (Hz)	Clasificación Voltaje (V)	Inductancia
IT-200-66	200	6.6	6.6	50/60	5.000	100 μ H
IT-200-266	200	20.0	6.6	50/60	5.000	No

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Elaborado por. Renato Falconí

Conjunto de conectores: La nomenclatura del conjunto de conectores es:

- CK1: Equipo de conector primario.
- CK2: Equipo de conector secundario.

Cumplimiento de las normas:

- FAA: AC 150/5345-26, L-823.

Descripción:

Los conectores CK1 primarios están en conformidad con la FAA AC-150/5345-26C. Consisten en un enchufe y un tomacorriente y son usados en el campo para conectar el transformador primario al cable primario. El cable primario puede ser cubierto (CK1-S) o descubierto (CK1-U). [19]

Los conectores CK2 secundarios están en conformidad con FAA AC-150/5345-26C. Cada juego contiene un enchufe o un tomacorriente y es usado en el campo para conectar al transformador de aislamiento secundario de iluminación. El cable secundario puede ser ensamblado a dos cables centrales (CK2-2) o cables gemelos (CK2-1). [19]

La Fig. 4.47 visualiza detalladamente los conectores CK1.



Fig. 4.47: Conectores primarios

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Características:

CK1:

- Capacidad de corriente: 25 A.
- Capacidad de voltaje: 5.000 V
- Enchufe y tomacorriente de aislamiento en caucho termoplástico.
- Cierre de dispositivo para conexión impermeable.

CK2:

- Capacidad de corriente: 20 A.
- Capacidad de voltaje: 600 V.
- Aislamiento en caucho termoplástico.

La Fig. 4.48 representa los conectores secundarios CK2.



Fig. 4.48: Conectores secundarios

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Cables: El cable primario y secundario se describe a continuación.

Cable primario cubierto (CKI-S): Cable monoconductor formado por conductor de cobre suave, con pantalla semiconductora sobre el conductor y aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), pantalla sobre el aislamiento extruida, pantalla metálica a base de alambres de cobre y cubierta de policloruro de vinilo (PVC) en color negro. La Fig. 4.49 representa la constitución del cable primario. [19] y [20]



Fig. 4.49: Cable primario

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Características:

- Alimentación y distribución primaria de energía eléctrica en plantas industriales en general.
- Alimentación y distribución en edificios con subestaciones localizadas a varios niveles.
- Tensión máxima de operación: 5 kV a 35 kV.
- Temperatura máxima de operación en el conductor (ambientes secos y húmedos).
 - Normal: 90°C
 - Emergencia: 130°C
 - Corto circuito: 250°C
- Aprobado por UL para marcarse como: Resistente a la luz solar y Resistente al aceite.
- Calibres: Cables de 6,00 mm² a 506,7 mm² (8 AWG a 20 AWG).
- Su pantalla metálica:
 - Permite hacer las conexiones a tierra.
 - Permite operar equipos de protección contra fallas eléctricas.
 - Puede instalarse directamente enterrado.
 - Puede instalarse en conduit y ducto.

Cable secundario cables gemelos (CK2-1): Multiconductores eléctricos de cobre suave cableado. Los conductores individuales tienen un aislamiento termoplástico de Cloruro de Polivinilo (PVC) y están protegidos por una cubierta de goma de etileno-propileno. Diseñados para operar a un voltaje máximo de 600 voltios, se fabrica en el siguiente ámbito de calibres y formaciones: dúplex y tríples: 14 AWG al 4 AWG; cuádruplex: 14 AWG al 6 AWG. La Fig. 4.50 muestra la constitución del cable secundario. [19] y [20]



Fig. 4.50: Cable secundario

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

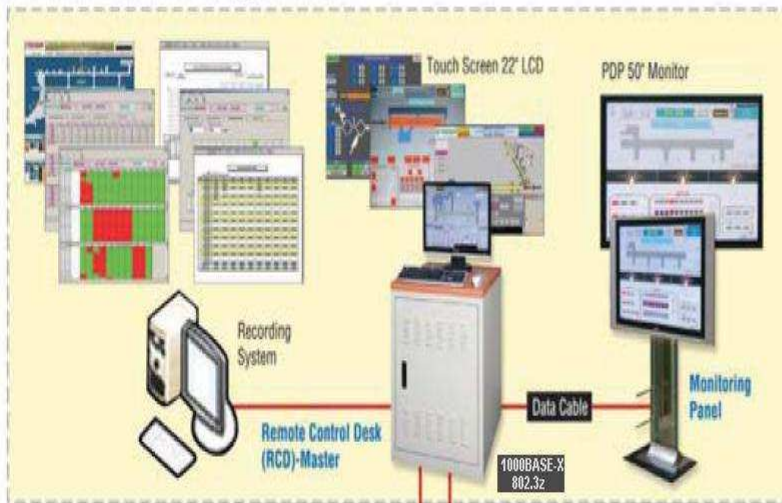
Características:

- Está respaldados por las especificaciones UL-83 y UL-1277.
- Diseñado para operar a una temperatura máxima, en el conductor de 90°C en ambientes secos o húmedos; para ambientes mojados, la temperatura máxima en el conductor, es de 75°C.
- Calibre AWG 10, área de la sección transversal nominal 5.26 mm².
- Su aislamiento PVC no propaga la flama.
- Resistencia de 3,63 Ω/Km a Máx. 30°C.
- El relleno desgarrable, de formulación especial, proporciona una instalación del cable más eficiente y segura, protegiendo las almas al pelar la cubierta.
- La cubierta externa es resistente a la humedad, a los rayos ultravioleta de la luz solar, por lo que se puede instalar en ductos y a la intemperie.
- El producto cumple con la prueba vertical a la flama y permite el enterrado directo.

4.8.6 Equipos del Sistema de Control y Monitoreo

Este apartado describe los componentes del sistema de control monitoreo con respectivos argumentos técnicos. La Fig. 4.51 muestra un diagrama esquemático del sistema de control y monitoreo YOUYANG. [19]

Control & Monitoring Center

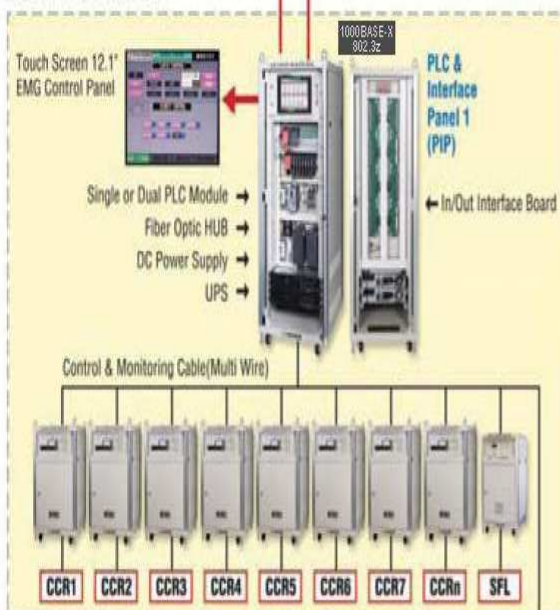


Airport Traffic Control Tower

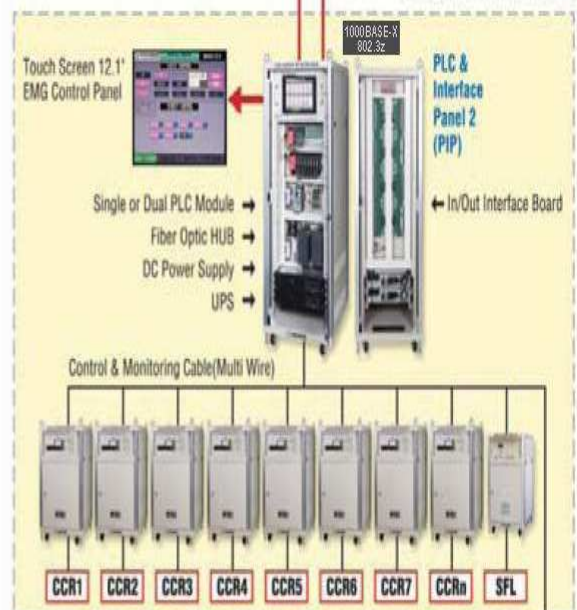


Fiber Optic Cable Multi Mode

SUB Station 1



SUB Station 2



Airfield Light's



Airfield Light's



Fig. 4.51: Esquema del sistema de control y monitoreo
 Fuente: <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Cumplimiento de las normas:

- OACI: Anexo14
- FAA: AC 150/5345-56

Descripción:

El sistema de control y monitoreo está diseñado para grandes y pequeños aeropuertos, o donde se instalen gran cantidad de sistemas de iluminación como por ejemplo: luces de enfoque, luces de zona de toma de contacto, luces de eje de pista, luces de borde de pista y el sistema electrónico de luces PAPI. En este sistema, está presente el esquema de control CCR por una unidad lógica proporcionada en el control local y el panel de monitoreo de sistemas de iluminación. [19]

La selección del estado de brillantez para todos los CCR's es fácil con el uso del techo de fondo (día, crepúsculo, noche) y el RVR; mediante los interruptores y los pulsadores en el computador de control y el touch screen. El ajuste del estado de brillantes es automático; sin embargo, puede cambiarse manualmente utilizando el interruptor en la posición [UP] y [DOWN] para cada grupo de luces. [19]

El sistema de control y monitoreo YOUYANG tiene las siguientes ventajas:

- Operación simplificada para el control de intensidad de luz. [19]
- El controlador puede responder a las peticiones de los pilotos en cualquier momento, correcta e inmediatamente. [19]

Tablero de control remoto: La instalación de este equipo se lo realiza en la Torre de control de tráfico aéreo (TWR). [19]

Funciones:

- Monitor y control lógico.
- Monitor y control lógico del grupo de circuitos.
- Monitor y control de paso.
- Monitoreo en pantalla de un mini gráfico de la pista.
- Control manual de CCR en forma individual.

- Monitoreo de CCR en forma individual.
- Monitoreo de errores (ON-OFF).
- Grabado de todos los eventos en la base de datos.

La Fig. 4.52 muestra el tablero de control remoto:



Fig. 4.52: Tablero de control remoto
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Componentes:

- Computador industrial.
- 22° ± Monitor LCD Touch screen (Opcional).
- UPS
- Hub de red.
- Protección contra sobretensiones.

Escritorio local de control: La instalación del escritorio local de control se lo realiza en el cuarto de mantenimiento o centro de monitoreo. [19]

Funciones:

- Monitor y control lógico.
- Monitor y control lógico del grupo de circuitos.
- Monitor y control de paso.
- Monitoreo en pantalla de un mini gráfico de la pista.
- Control manual de CCR en forma individual.
- Monitoreo de CCR en forma individual.

- Monitoreo de errores (ON-OFF).
- Grabado de todos los eventos en la base de datos.

La Fig. 4.53 muestra este equipo perteneciente al sistema de control y monitoreo:



Fig. 4.53: Escritorio local de control
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Componentes:

- Computador industrial.
- 22° ± Monitor LCD Touch screen (Opcional).
- UPS.
- Hub de red.
- Protección contra sobretensiones.

Sistema de grabado: La instalación se la realiza en el cuarto de mantenimiento o centro de monitoreo. La Fig. 4.54 muestra las interfaces gráficas de usuario de la parte de grabación en el sistema informático YOUYANG:



Fig. 4.54: Sistema de grabado
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Funciones:

- Operativo en tiempo inicio-fin (individual o en grupo) condición, paso, grabado del tipo de funcionamiento:
 - Diario.
 - Semanal.
 - Mensual.
 - Anual.

Componentes:

- Computador industrial.
- Monitor LCD y UPS.
- Programa de grabación

Panel de Interfaz y PLC: La instalación se la realiza en el cuarto de mantenimiento o centro de monitoreo. La Fig. 4.55 muestra el panel de interfaz y PLC YOUYANG. [19]



Fig. 4.55: Panel de interfaz y PLC
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Funciones:

- Monitor y control de emergencias.
- Monitoreo y control lógico.
- Monitoreo y control individual de CCR.

- Programa de control principal del PLC.
- Programa de comunicación.
- Reunión y transacción de datos.
- Interfaz de datos.

La Fig. 4.56 muestra las interfaces de usuario del monitor y control de emergencias.

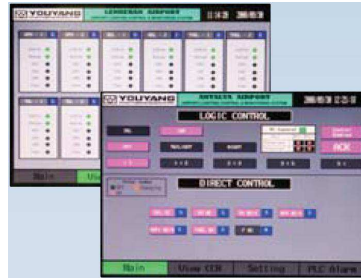


Fig. 4.56: Interfaces monitor y control de emergencias
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

La Fig. 4.57 muestra el módulo PLC en este equipo de control lógico.

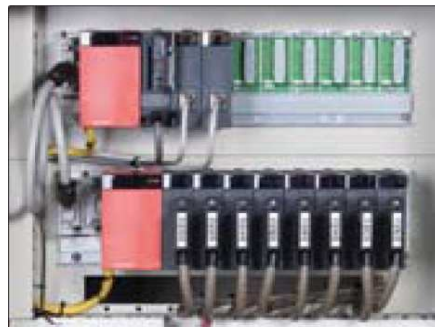


Fig. 4.57: Módulo PLC
Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Componentes:

- CPU PLC.
- Módulo PLC I/O.
- Panel de control de emergencias.
- Hub de red y UPS.
- Protección contra sobretensiones.
- Tarjeta de interfaz.
- Bloques de terminales.

Cableado y conexión de comunicaciones: Se tendió en la subestación eléctrica todo el cableado de comunicaciones para los equipos del sistema de control y monitoreo, y cable Profibus que comunican con el emplazamiento exterior. Todo el cableado irá perfectamente etiquetado. [19]

- Cableado de comunicaciones del sistema de control y monitoreo dentro de la subestación eléctrica. [19]
 - Tendido cable para Profibus RS-485 bifilar apantallado para comunicación entre los autómatas y el RCC. [19]
 - Tendido cable FTP para comunicaciones Ethernet entre los distintos equipos del sistema de control y monitoreo. [19]

Cable FTP: Cable de 4 pares trenzados apantallados (FTP – Foiled Twisted Pair) tendrá las siguientes características:

- Categoría 6, 100Ω-Ftp. [19]
- Aislamiento: Componente no halógeno con alta densidad de polietileno. [19]
- Cubierta LSHZ que impida la propagación de fuego en caso de incendio, libre de halógenos y con baja emisión de humos. [19]
- Incluye la parte proporcional de cajas y de conexión (clavija RJ45). [19]

Cable RS-485: Cable para Profibus DP RS-485, de 2 hilos, apantallado, basado en las normas internacionales IEC 61158 y IEC 61784, para interiores, antirroedores, de difícil combustibilidad y libre de halógenos con cubierta exterior de copolímero FRNC (Flame Retardent Non Corrosive). Incluye todos los empalmes, la conexión mediante conectores enchufables para el bus 485 (Profibus) de entrada y salida, etc., completamente instalado por bandeja. [19]

Conectores Multifilares: Según indica la norma de AENA sobre RCC, el método de conexión de las señales de control y monitorización debe realizarse mediante un conector de 32 patillas con las siguientes referencias:

- Conector macho: HDC–HA – 16SS 17 – 32. [19]
- Conector hembra: HDC–HA – 16BS 17 – 32. [19]

La Fig. 4.58 muestra una imagen de estos conectores.



Fig. 4.58: Conectores Macho y Hembra

Fuente. Trabajo de Graduación. Sistema electrónico de luces PAPI.

Ambos de la marca Weidmüller o equivalente. En la citada norma, también se indica que se debe suministrar una versión macho del conector con cada regulador, con todos los elementos adicionales para garantizar su perfecta estabilidad de conexión. La versión hembra debe estar instalada en la parte trasera del regulador de intensidad constante. La Fig. 4.59 define la forma de cablear los conectores. [19]

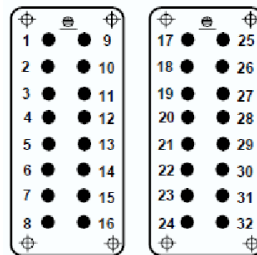


Fig. 4.59: Detalle del conector hembra del sistema de control/monitoreo

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Software de Control y Monitoreo: Se llevaron a cabo todos los trabajos de ingeniería para adaptar el sistema electrónico de luces PAPI a la configuración existente de luces (borde y balizas de calle de rodaje y plataforma). Estos trabajos incluyeron la reprogramación del software de los PLC, las modificaciones de sinópticos y paneles táctiles, modificación de tablas de datos y cualquier pequeña modificación necesaria para adecuar el sistema. [19]

NOTA: El patillaje de este conector, con las señales de intercambio entre el RCC y el sistema de control y monitoreo queda reflejado en la Tabla 4.40:

Tabla 4.40: Conexiones de los conectores del sistema de control y monitoreo

Patillas Conector	Descripción	Tensión	Función
1	Escalón 1	+ 48 Vcc	Control
2	Escalón 2	+ 48 Vcc	Control
3	Escalón 3	+ 48 Vcc	Control
4	Escalón 4	+ 48 Vcc	Control
5	Escalón 5	+ 48 Vcc	Control
6	Encendido/Apagado	+ 48 Vcc	Control
7	Confirmación tensión de señalización	Configurable	Supervisión
8	Común señalización	Configurable	Supervisión
9	Escalón 1 confirmado	Configurable	Supervisión
10	Escalón 2 confirmado	Configurable	Supervisión
11	Escalón 3 confirmado	Configurable	Supervisión
12	Escalón 4 confirmado	Configurable	Supervisión
13	Escalón 5 confirmado	Configurable	Supervisión
14	Señalización local/remoto	Configurable	Supervisión
15	Libre		
16	Señalización alarma circuito abierto	Configurable	Supervisión
17	Común mando	- 48 Vcc	Control
18	Común señalización	Configurable	Supervisión
19	RCC encendido	Configurable	Supervisión
20	Alarma disparo sobreintensidad	Configurable	Supervisión
21	Aviso de fallo de lámparas	Configurable	Supervisión
22	Alarma RCC fuera de rango	Configurable	Supervisión
23	Alarma de fallo de lámparas	Configurable	Supervisión
24	Aviso defecto a tierra	Configurable	Supervisión
25	Alarma defecto a tierra	Configurable	Supervisión
26	Aviso de temperatura alta	Configurable	Supervisión
27	Alarma de temperatura alta	Configurable	Supervisión
28	RCC en mando remoto	Configurable	Supervisión
29	Señalización cortocircuito	Configurable	Supervisión
30	Libre		
31	Medida de potencia 4-20 mA		Supervisión
32	Medida de potencia 4-20 mA		Supervisión

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Elaborado por. Renato Falconí

4.8.7 Sistema Eléctrico de la pista

Circuito de carga del sistema: La mayor parte de los equipos de iluminación necesarios en la pista requieren igual intensidad. El circuito necesita ser elegido para soportar los requerimientos del sistema eléctrico. Dos circuitos son conocidos para una amplia gama de cargas:

- Circuito paralelo
- Circuito serie.

Ambos tienen una amplia gama de ventajas y desventajas. Sin embargo, debido a la similitud de la intensidad, se prefiere utilizar el circuito en serie. Cuyas ventajas son:

- Toda la carga consigue la misma corriente, de modo que la intensidad de cada luz proviene del mismo circuito.
- Los cables se pueden usar con un solo conductor.
- Rango de intensidades de luz, relativamente grande.
- La falla de conexión a tierra es fácilmente detectada.

Mientras que las desventajas del circuito en serie son:

- El costo es relativamente más grande, ya que requieren una gran cantidad de equipo adicional.
- La existencia de una interrupción de circuito abierto puede ocurrir en cualquier punto a lo largo del circuito. La interrupción puede causar daños en el equipo, incluido el aislamiento del cable de la fuente de alimentación.
- La localización de fallas de circuito abierto es difícil de detectar.

Cálculo de carga del sistema electrónico de luces PAPI:

Pista 27:

a. Lámpara:

- Marca: YOUYANG PAPI400
- Tipo: Incandescente/lámpara tipo elevada/alta intensidad.
- Rango: 200W/6,6 A.

- Color: Blanco.

b. Transformador de aislamiento:

- Marca: YOUYANG IT-200-66
- Tipo: Encapsulado en resina/caucho termoplástico
- Rango: 300 VA, $\cos \varphi = 0,6$
- Proporción: 6,6/6,6 A

c. Fuente de alimentación:

- Tipo: Regulador de Corriente Constante.
- Marca: YOUYANG YCR 5000
- Capacidad: 10 KVA
- Paso de Brillo: **1.** (2,8 A); **2.** (3,4 A); **3.** (4,1 A); **4.** (5,2 A); **5.** (6,6 A).

d. Circuito del sistema:

- Tipo de cable: FLYCY/6 mm², 5 KV.
- Número de circuitos: 1 cct.

e. Determinación de Ubicación:

- Las operaciones de aeronaves hasta el tipo de B767-300.
- Pendiente de aproximación: 3°.
- Planeo ILS Pendiente: 3°.
- Ubicación Distancia PAPI desde el Umbral: 394 m.
- Margen vertical deseado: 9 m.
- Ajuste de ángulo unidad A: 2°25'.
- Ajuste de ángulo unidad B: 2°45'.
- Ajuste de ángulo unidad C: 3°15'.
- Ajuste de ángulo unidad D: 3°35'.

Fuente de energía secundaria: El Aeropuerto Jumandy utiliza una fuente de alimentación de electricidad primaria y una fuente de alimentación secundaria. La electricidad que consume proviene de la subestación con la red de distribución de 440 V, 3 fases y corriente de 250A. Para superar la falta de energía eléctrica, el aeropuerto ofrece un grupo electrógeno:

a. Motor

- Marca: Modasa

- Tipo: BA 16 M 816 LIKU.
- Cilindro: 16

b. Generador

- Marca: Energy PLAM
- Tipo: DIDB 110 800-4
- KVA: 500 KVA
- Voltaje: 480 V

Determinar el voltaje de salida máximo del regulador de corriente constante: Esto se hace con el fin de evitar el exceso de tensión recibida por cada unidad de lámpara. La tensión de salida máxima del regulador de corriente constante se puede determinar por la ecuación (9):

$$V = V. \text{ total de las lámparas} + P. \text{ del cable} + P. \text{ de los transformadores de aislamiento} \quad (9)$$

Voltaje total de las lámparas = Tensión de cada lámpara por número de lámparas.

Pérdida del cable = $I \times R_{\text{cable}}$, donde R_{cable} está determinado por la ecuación (10):

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{ohm} \quad (10)$$

Dónde:

R = Resistencia del cable en Ohm.

ρ = Resistividad del cable, para el cobre = $1,72 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot m$

A = Área del conductor de la sección transversal.

Pérdida de los Transformadores de aislamiento: $30/45 \text{ W} = 25 \%$

$$100 \text{ W} = 18 \% \text{ y } 200 \text{ W} = 11\%$$

Para el Sistema Electrónico de luces PAPI, se puede determinar la tensión de salida de la siguiente manera:

- El número circuitos PAPI = 1 cct.
- El número de lámparas por circuito = 8 lámparas.
- Tensión de 24 voltios por lámpara (relación del transformador 1:1).
- La longitud del cable para cada circuito es de 3.000 m.
- Transformador de aislamiento $\cos \varphi = 0,6$.
- Área del cable de la sección transversal = 6 mm^2 .

La corriente del circuito de carga se calcula con la ecuación (11):

$$I = \frac{P}{V * \cos \varphi} \quad (11)$$

$$I = \frac{200 \text{ W}}{24 \text{ V}(0,6)}$$

$$I = 13,8 \text{ A}$$

$$R = 1,72 \times 10^{-8} * \frac{3.000}{6 \times 10^{-6}} \quad \frac{\Omega \text{m}^2}{\text{m}^2}$$

$$R = 8,6 \Omega$$

Pérdida de los transformadores de aislamiento = 200 W:

- Pérdida = $11 \% * 200 \text{ W} = 22 \text{ W}$.
- Tensión debido a la pérdida de cada uno transformador de aislamiento = 3,33 V.

Entonces con la ecuación (9) se obtiene:

$$V = 8 \text{ lámp.} * 24 \text{ V} + 8,6 \Omega * 13,8 \text{ A} + 3,33 \text{ V} * 8 \text{ transf.}$$

$$V = 192 \text{ V} + 118,68 \text{ V} + 26,64 \text{ V}$$

$$V = 337,32 \text{ Voltios}$$

Las prioridades de requerimiento total de electricidad que se debe mantener continua se muestra en la Tabla 4.41.

Tabla 4.41: Requerimiento de potencia aproximado para los sistemas de iluminación

Nº	Tipo de Luz	Potencia de cada Lámpara (Watt)	Número de lámparas	Potencia total (Watt)
1	Luces de aproximación	100	512	51.200
2	Luces de umbral	120	54	6.480
3	PAPI	200	8	1.600
4	Luces de Fin de pista	120	54	6.480
5	Luces de borde de pista	100	102	10.200
6	Luces de calle de rodaje	40	462	18.480
7	Faro giratorio	1000	1	1000
TOTAL				95.440

Fuente. <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>. [19].

Elaborado por. Renato Falconí

Cálculos de baja y alta tensión:

- *Alta Tensión:*

$$I = 6,6 \text{ A}$$

$$V = \frac{95 \text{ KW}}{6,6 \text{ A}}$$

$$V = 14,4 \text{ KV}$$

- *Baja Tensión:*

$$V = \frac{200 \text{ W}}{6,6 \text{ A}}$$

$$V = 30,3 \text{ V}$$

NOTA: El diagrama eléctrico del Aeropuerto Jumandy y el diseño del Sistema Electrónico de luces PAPI; se encuentra en **ANEXO A: Planos** (Plano 11 “Diagrama eléctrico del diseño sistema PAPI”, al Plano 17 “Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 6”).

NOTA: El diseño de la Ayuda Visual del Aeropuerto Jumandy se ubica en **ANEXO A: Planos** (Plano 18 “Diseño Ayuda Visual Aeropuerto Jumandy”).

4.8.8 Estudio Económico

Descripción General: En este apartado se detallan los valores financieros de los componentes y equipos utilizados para la implementación del sistema PAPI.

Componentes Principales:

La Tabla 4.42 muestra los componentes utilizados en la implementación del sistema electrónico de luces PAPI:

Tabla 4.42: Componentes principales del sistema PAPI

Componentes	Norma FAA	Número de parte	Cantidad	Unidad
Regulador de Corriente Constante	L-829	CCR2	1	c/u
Caja de montaje PAPI, Clase II, -55 °C	L-880	PAPI400	4	c/u
Lámpara de 200W, 6.6A, OSRAM 64382	L-880	PAPI400	8	c/u
Pierna de anclaje	L-880	PAPI400	16	c/u
Brida base para pierna de anclaje	L-880	PAPI400	16	c/u
Manga Termo-contráctil	L-823	ST1	8	c/u
Kit de Dispositivo de enfoque	L-880	KDE	1	c/u
Transformador de aislamiento (6.6A, 200W)	L-830-6	IT1-200-66	8	c/u
Placa base para los transformadores	L-867B	IT1-200-66	4	c/u
Conector Kit primario	L-823C	CK1	8	c/u
Conector Kit secundario	L-823C	CK2	8	c/u
Conduit liquid-tight flexible	L-880	CLF1	4	c/u
Cable secundario CK2-1 AWG #10/600V	L-824	CK2-1	20	m
Cable primario CK1-S AWG #8/5kV	L-824	CK1-S	3.000	m
Cable PROFIBUS RS-485	L-824	RS-485	10	m
Conector Hembra RS 32	L-823C	RS 32 H	2	c/u
Conector Macho RS 32	L-823C	RS 32 M	2	c/u

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Equipo y Herramientas:

La Tabla 4.43 y la Tabla 4.44 muestran el equipo, herramientas y software necesarios para la implementación eficaz del sistema electrónico de luces PAPI:

Tabla 4.43: Equipo y Herramientas

Elemento	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año
Dispositivo de enfoque	1	40	240
Nivel de burbuja (Clinómetro PAPI)	1	40	240
Sacapuntas de cable	1	520	100
Destornillador de impacto	1	520	1000
Pinzas de compresión	1	520	240
Pistola de impacto	1	80	480
Llave universal	1	40	240
Multímetro	1	1200	720
Amperímetro de pinza	1	1200	720
GPSMap Garmin 62 SC	1	40	40
Computador Intel Core I7	1	800	8760

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Software:

Tabla 4.44: Software

Programa	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año
Sistema de Control Distribuido y de Monitoreo YOUYANG	1	1860	7440
Microsoft Office 2010	1	1440	1440
AutoCAD 2013	1	1440	1440
Packet Tracer 5.3	1	10	10
Surfer 8.0	1	5	5

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Mano de obra directa:

La Tabla 4.45 muestra las horas de mano de obra directa, requerida en el proceso de implementación del sistema electrónico de luces PAPI:

Tabla 4.45: Mano de obra directa

Actividad	Horas
Excavaciones del suelo mecánicamente	40
Perfilado de taludes	2
Bases y pozos de hormigón	40
Entronque de ductos con galería existente a Subestación Eléctrica	160
Cableado primario y secundario del sistema PAPI	240
Planos	100
Pruebas, calibración y ajuste del sistema PAPI	10
Documentación del proyecto	360
Estudio de impacto ambiental (Medidas Correctoras)	3
Red Ethernet (Subestación Eléctrica –TWR)	4
Red PROFIBUS RS-485 (Subestación Eléctrica)	8
Horas totales	967

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Precios Unitarios: En este apartado se indican los precios de cada uno de los elementos necesarios para llevar a cabo este proyecto de investigación, los cuales se han citado anteriormente.

Componentes Principales:

La Tabla 4.46 muestra los componentes principales del sistema electrónico de luces PAPI y su precio unitario:

Tabla 4.46: Componentes principales del sistema PAPI - Precio Unitario

Componentes	Cantidad	Unidad	Precio (\$/unid)
Regulador de Corriente Constante	1	c/u	1.049,00
Caja de montaje PAPI, Clase II, -55 °C	4	c/u	929,00
Lámpara de 200W, 6.6A, OSRAM 64382	8	c/u	46,00
Pierna de anclaje	16	c/u	31,50
Brida base para pierna de anclaje	16	c/u	26,18
Manga Termo-contráctil	8	c/u	11,00
Kit de Dispositivo de enfoque	1	c/u	56,00
Transformador de aislamiento (6.6A, 200W)	8	c/u	108,41
Placa base para los transformadores	4	c/u	125,73
Conector Kit primario	8 c/u	c/u	22,17
Conector Kit secundario	8 c/u	c/u	20,12
Conduit liquid-tight flexible	4 c/u	c/u	10,34
Cable secundario CK2-1 AWG #10/600V	20	m	1,65
Cable primario CK1-S AWG #8/5kV	3.000	m	5,16
Cable PROFIBUS RS-485	10	m	4,55
Conector Hembra RS 32	2	c/u	24,70
Conector Macho RS 32	2	c/u	26,30

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Equipo y Herramientas:

La Tabla 4.47 y la Tabla 4.48 muestran el equipo, herramientas y software utilizados para la implementación del sistema electrónico de luces PAPI con sus precios unitarios:

Tabla 4.47: Equipo y Herramientas - Precio Unitario

Elemento	Cantidad	Precio (\$/unid)
Dispositivo de enfoque	1	56,00
Nivel de burbuja (Clinómetro PAPI)	1	47,00
Sacapuntas de cable	1	12,50
Destornillador de impacto	1	11,60
Pinzas de compresión	1	18,50
Pistola de impacto	1	79,43
Llave universal	1	26,60
Multímetro	1	130,00
Amperímetro de pinza	1	260,00
GPSMap Garmin 62 SC	1	480,00
Computador Intel Core I7	1	790,00

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Software:

Tabla 4.48: Software - Precio Unitario

Programa	Cantidad	Precio (\$/unid)
Sistema de Control Distribuido y de Monitoreo YOUYANG	1	5.616,00
Microsoft Office 2010	1	4,50
AutoCAD 2013	1	4,50
Packet Tracer 5.3	1	3,50
Surfer 8.0	1	4,00

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Mano de obra directa:

La Tabla 4.49 muestra la mano de obra directa útil para la implementación del sistema electrónico de luces PAPI, con sus respectivos precios unitarios:

Tabla 4.49: Mano de obra directa - Precio Unitario

Actividad	Horas	Precio (\$/hora)
Excavaciones del suelo mecánicamente	40	35,00
Perfilado de taludes	2	10,00
Bases y pozos de hormigón	40	8,00
Entronque de ductos con galería existente a Subestación Eléctrica	160	5,00
Cableado primario y secundario del sistema PAPI	240	5,00
Planos	100	8,00
Pruebas, calibración y ajuste del sistema PAPI	10	10,00
Documentación del proyecto	360	3,00
Estudio de impacto ambiental (Medidas Correctoras)	3	23,42
Red Ethernet (Subestación Eléctrica –TWR)	4	15,00
Red PROFIBUS RS-485 (Subestación Eléctrica)	8	8,00

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Sumas Parciales: En este apartado se presentan los importes parciales de cada uno de los elementos que componen las distintas categorías, que han sido calculados a partir de la descripción general y los precios unitarios.

Componentes Principales:

La Tabla 4.50 muestra los componentes principales del sistema electrónico de luces PAPI con su respectiva suma parcial:

Tabla 4.50: Componentes principales del sistema PAPI - Suma Parcial

Componentes	Cantidad	Unidad	Precio (\$/unid)	Coste (\$)
Regulador de Corriente Constante	1	c/u	1.049,00	1.049,00
Caja de montaje PAPI, Clase II, -55 °C	4	c/u	929,00	3.716,00
Lámpara de 200W, 6.6A, OSRAM 64382	8	c/u	46,00	368,00
Pierna de anclaje	16	c/u	31,50	504,00
Brida base para pierna de anclaje	16	c/u	26,18	418,88
Manga Termo-contráctil	8	c/u	11,00	88,00
Kit de Dispositivo de enfoque	1	c/u	56,00	56,00
Transformador de aislamiento (6.6A, 200W)	8	c/u	108,41	867,28
Placa base para los transformadores	4	c/u	125,73	502,92
Conector Kit primario	8	c/u	22,17	177,36
Conector Kit secundario	8	c/u	20,12	160,96
Conduit liquid-tight flexible	4	c/u	10,34	41,36
Cable secundario CK2-1 AWG #10/600V	20	m	1,65	33,00
Cable primario CK1-S AWG #8/5kV	3.000	m	5,16	15.480,00
Cable PROFIBUS RS-485	10	m	4,55	45,50
Conector Hembra RS 32	2	c/u	24,70	49,40
Conector Macho RS 32	2	c/u	26,30	52,60
SUBTOTAL				23.610,26

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Equipo y Herramientas:

La Tabla 4.51 y la Tabla 4.52 muestran el equipo, herramientas y software utilizados para la implementación del sistema electrónico de luces PAPI con las sumas parciales:

Tabla 4.51: Equipo y Herramientas - Suma Parcial

Elemento	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año	Precio (\$/unid)	Amortización anual	Coste (\$)
Dispositivo de enfoque	1	40	240	56,00	26%	2,43
Nivel de burbuja (Clinómetro PAPI)	1	40	240	47,00	26%	2,04
Sacapuntas de cable	1	520	100	12,50	30%	9,38
Destornillador de impacto	1	520	1.000	11,60	30%	1,81
Pinzas de compresión	1	520	240	18,50	30%	12,03
Pistola de impacto	1	80	480	79,43	26%	3,44
Llave universal	1	40	240	26,60	30%	1,33
Multímetro	1	1200	720	130,00	26%	56,33
Amperímetro de pinza	1	1200	720	260,00	26%	112,66
GPSMap Garmin 62 SC	1	40	40	480,00	26%	124,80
Computador Intel Core I7	1	800	8.760	790,00	26%	18,76
SUBTOTAL						345,01

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Software:

Tabla 4.52: Software - Suma Parcial

Programa	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año	Precio (\$/unid)	Amortización anual	Coste (\$)
Sistema de Control Distribuido y de Monitoreo YOUYANG	1	1860	7440	5.616,00	26%	365,04
Microsoft Office 2010	1	1440	1440	4,50	26%	1,17
AutoCAD 2013	1	1440	1440	4,50	26%	1,17
Packet Tracer 5.3	1	10	10	3,50	26%	0,91
Surfer 8.0	1	5	5	4,00	26%	1,04
SUBTOTAL						369,33

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Mano de obra directa:

La Tabla 4.53 muestra el coste de las horas de mano de obra directa, requerida en el proceso de implementación del sistema electrónico de luces PAPI:

Tabla 4.53: Mano de obra directa - Suma Parcial

Actividad	Horas	Precio (\$/hora)	Coste (\$)
Excavaciones del suelo mecánicamente	40	35,00	1.400,00
Perfilado de taludes	2	10,00	20,00
Bases y pozos de hormigón	40	8,00	320,00
Entronque de ductos con galería existente a Subestación Eléctrica	160	5,00	800,00
Cableado primario y secundario del sistema PAPI	240	5,00	1.200,00
Planos	100	8,00	800,00
Pruebas, calibración y ajuste del sistema PAPI	10	10,00	20,00
Documentación del proyecto	360	3,00	1.080,00
Estudio de impacto ambiental (Medidas Correctoras)	3	23,42	70,26
Red Ethernet (Subestación Eléctrica –TWR)	4	15,00	60,00
Red PROFIBUS RS-485 (Subestación Eléctrica)	8	8,00	64,00
SUBTOTAL			5.834,26

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

PRESUPUESTO GENERAL: Sumando la contribución de todas las categorías anteriores, se obtiene que el coste total del proyecto; impuestos incluidos, asciende al valor estipulado en la Tabla 4.54:

Tabla 4.54: Presupuesto General

Concepto	Coste Subtotal (\$)
Componentes principales	23.610,26
Equipo y herramientas	345,01
Software	369,33
Mano de obra directa	5.834,26
Imprevistos (5%)	1.509,29
TOTAL	31.695,15

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

*El presupuesto del presente Trabajo de Graduación, asciende a la cantidad de **TREINTA Y UN MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y CINCO DÓLARES con QUINCE CENTAVOS**. Dinero financiado por el Estado Ecuatoriano en el año 2010; inversión otorgada al Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena; para su remodelación y reconstrucción. Por tal razón los componentes principales, el equipo y herramientas y el software ya fueron adquiridos anticipadamente, al igual que otros sistemas de iluminación que se encuentran almacenados en el hangar de la terminal aérea.*

4.9. Recuperación del capital invertido en el sistema electrónico de luces PAPI

A partir del Estudio Económico es imperante realizar un análisis de la recuperación del capital invertido en la implementación del sistema PAPI, para ello, se realizará el cálculo de los factores:

- VAN (Valor Actual Neto).
- TIR (Tasa Interna de Retorno).
- PRC (Periodo de Recuperación de Capital).

Estos factores proporcionan la idea general de rentabilidad del sistema PAPI. Para iniciar el cálculo se establece la tarifa mínima del pasaje de avión para un vuelo a nivel nacional, en **100 dólares**. El capital invertido del sistema PAPI es de **31.695,15 dólares**; además el Aeropuerto Jumandy podrá incrementar su capacidad operativa horaria a **27 operaciones/hora** (Flota de diseño), por esto se plantea las siguientes valores en cada uno de los años establecidos en la Tabla 4.55.

Tabla 4.55: Descripción de valores económicos anuales pretendidos

Año	Pasajeros hora punta	Aeronaves hora punta	Total ingresos (\$)	Porcentaje destinado a equipamiento (44 %)
1	680	10	68.000	29.920
2	864	13	86.400	38.016
3	1.097	17	109.700	48.268
4	1.393	22	139.300	61.292
5	1.769	27	176.900	77.836

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI

Elaborado por. Renato Falconí

Valor Actual Neto (VAN): Este factor, es el encargado de determinar el valor presente de los flujos de costos e ingresos generados a través de la vida útil del sistema PAPI. Alternativamente esta actualización puede aplicarse al flujo neto de los ingresos y gastos que se utilizarán en todos y cada uno de los años de operación económica del Sistema Electrónico de luces PAPI.

El VAN, representa en valores actuales, el total de los recursos que quedan en manos del Aeropuerto Jumandy al final de toda su vida útil, es decir, es el retorno líquido actualizado generado por el sistema PAPI.

Si el VAN es mayor que cero el sistema PAPI es conveniente, si el VAN es igual a cero; el sistema PAPI resulta indiferente y si el VAN es menor a cero el sistema PAPI no es viable, para determinar este valor se utiliza la ecuación (12):

$$VAN = \sum_{t=1}^T \left[\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right] - I_o \quad (12)$$

Dónde:

FC = Factor de actualización.

i = Tasa de rentabilidad de la empresa (11,15 %).

T = Periodo durante el cual se requiere capitalizar la inversión (5 años).

I_o = Inversión inicial del sistema PAPI (31.695,15).

A continuación se detalla en la Tabla 4.56 el cálculo del VAN.

Tabla 4.56: Descripción del cálculo del VAN

Año	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Egre. IVA (\$)	Flujo Caja (\$)	Fac. Act. (11,15 %)	Fondos
0	0	31.695,15	0	-31.695,15		-31.695,15
1	29.920	16.269,41	3.590,4	10.060,2	0,8997	9.051,0121
2	38.016	20.671,72	4.561,9	12.782,4	0,8094	10.346,5002
3	48.268	26.246,39	5.792,16	16.229,4	0,7282	11.818,8185
4	61.292	33.328,37	7.355,04	20.608,6	0,6552	13.502,3892
5	77.836	42.824,39	9.450,66	25.560,9	0,5894	15.067,07
$VAN = (9051,01 + 10346,50 + 11818,81 + 13502,39 + 15067,07) - 31695,15$						
$VAN = 28.090,63 USD$						

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Tasa Interna de Retorno (TIR): Se puede interpretar a la TIR, como la más alta tasa de interés que se podría pagar por un préstamo que financiará la inversión, si el

préstamo con los intereses acumulados a esta tasa dada, se fuese abonando con los ingresos provenientes del proyecto, a medida que estos van siendo generados a través de toda la vida útil del proyecto. Si la TIR es mayor que el costo del capital debe aceptarse el proyecto.

La ecuación (13), se utiliza para calcular la TIR:

$$TIR = Tasa Menor + \left[Difer. de tasas * \frac{VAN\ tasa\ menor}{VAN\ menor - VAN\ mayor} \right] \quad (13)$$

A continuación se detalla en la Tabla 4.57 el cálculo de la TIR.

Tabla 4.57: Descripción del cálculo de la TIR

		Actualización			
Año	Flujo Neto	Fa. Act. 21%	VAN Menor	Fa. Act. 22%	VAN Mayor
0	31.695,15				
1	10.060,2	0,8264	8.314,2148	0,8197	8.246,0655
2	12.782,4	0,6830	8.730,5512	0,6718	8.588,0139
3	16.229,4	0,5644	9.161,0732	0,5507	8.937,6423
4	20.608,6	0,4665	9.614,0639	0,4514	9.302,7032
5	25.560,9	0,3855	9.854,8334	0,37	9.457,5139
TOTAL			45.674,7365	TOTAL	44.531,9388

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI

Elaborado por. Renato Falconí

$$TIR = 21 + \left[1 * \frac{45.674,7365}{45.674,7365 - 44.531,9388} \right]$$

$$TIR = 21 + 39,9674$$

$$TIR = 60,97 \%$$

Periodo de Recuperación del Capital (PRC): Es el tiempo requerido para recuperar la inversión original, en una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsará el capital inicial. El periodo de recuperación consiste en el número de años requeridos para recobrar la inversión preliminar; en la Tabla 4.58 se demuestra el tiempo requerido para que el proyecto recupere la inversión inicial de capital.

Tabla 4.58: Descripción del cálculo de la PRC

Año	Flujo Caja	Fac. Act. (11,15 %)	Fondos	Acumulado
0	-31.695,15			-31.695,15
1	10.060,2	0,8997	9.051,0121	-22.644,1379
2	12.782,4	0,8094	10.346,5002	-12.297,6377
3	16.229,4	0,7282	11.818,8185	-478,8192
4	20.608,6	0,6552	13.502,3892	13.023,57
5	25.560,9	0,5894	15.067,07	28.090,64

Fuente. Sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Para el cálculo de la PRC, se utiliza la expresión de la ecuación (14):

$$PRC = \text{Año que supera la inversión} + \frac{\text{Inversión} - \sum \text{primeros flujos}}{\text{Flujo neto del año que supera la inversión}} \quad (14)$$

$$PRC = (4) + \frac{31.695,15 - (9.051,0121 + 10.346,5002 + 11.818,8185 + 13.502,3892)}{13.502,3892}$$

$$PRC = 4 - 0,9645$$

$$PRC = 3,0355$$

INDICA 3 AÑOS

$$PRC = 3,0355 - 3 = 0,0355$$

$$PRC = 0,0355 * 365 = 12,9575 \approx 13$$

INDICA 13 DÍAS

El retorno del capital invertido se lo obtiene en **3 años y 13 días**. El VAN del proyecto es de \$ **28.090,63**; por ende el proyecto es aceptable. En lo que respecta a la TIR, se encuentra en un **60,97 %** dando como resultado que la TIR es mayor que el costo del capital (11,15 %) valor que indica y asegura el acierto conveniente del sistema PAPI.

4.10. La seguridad a partir del Sistema Electrónico de luces PAPI y las Ayudas Visuales en el Aeropuerto Jumandy

Para establecer los valores de seguridad que proporciona la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI y el Diseño de las Ayudas Visuales en la terminal aérea Jumandy, es prescindible reconocer en líneas generales, las fases de un aterrizaje; el

cual es el punto operativo relevante, en el que está constituido el sistema PAPI; dichas fases son: tramo base, aproximación, recogida, toma y carrera final.

4.10.1 La seguridad con las Ayudas Visuales

1.- Actividad de Riesgo: La señalización sobre la superficie de la pista, calle de rodaje y plataforma tiene el objetivo de informar a los pilotos al despegar y al aterrizar; sobre los diversos tramos y distancias de la pista, eje longitudinal central, borde y franja de la pista; con el propósito de facilitarles la maniobra. Asiste en el rodaje de la aeronave, el atraque y estacionamiento de la misma. [20]

- **Factor de seguridad:** Una pista de aterrizaje, calle de rodaje y plataforma, con eficiente señalética; influye en la seguridad del personal que la usa, la conservación de la aeronave, la economía de operación y el mantenimiento del aeropuerto.

2.- Actividad de Riesgo: Los despegues y aterrizajes nocturnos y en condiciones de visibilidad reducida, como en el caso de niebla, lluvia o llovizna; la pista está iluminada mediante luces que señalizan los lados, el eje longitudinal central, los diversos tramos de la pista, así como su comienzo y su final. Además, las calles de rodaje y la plataforma también tienen sus respectivos sistemas de iluminación. [20]

- **Factor de seguridad:** Los sistemas de iluminación y señalética, están estandarizados internacionalmente (OACI, FAA); promoviendo la seguridad del piloto, el personal aeroportuario, los equipos, infraestructura y aeronaves; en despegues y aterrizajes nocturnos o con condiciones de visibilidad reducida, acotando el riesgo.

3.- Actividad de Riesgo: Las ayudas visuales iluminadas y no iluminadas en un aeródromo permite la navegación aérea y entregan las condiciones, para mantener un tránsito aéreo informado. [20]

- **Factor de seguridad:** Las ayudas visuales establecen la correcta ubicación de los dispositivos de seguridad aeronáutica y control de tránsito aéreo; previniendo accidentes, evitando colisiones y mejorando la operatividad en el despegue, aterrizaje, rodaje, atraque y estacionamiento de los aviones en el aeropuerto.

4.- Actividad de Riesgo: Las tareas menos complejas en el circuito de tráfico aéreo, es localización del aeropuerto; umbral, fin, borde, eje y zonas de toma de contacto en la pista de aterrizaje. Las tareas más difíciles al pilotar una aeronave por medios visuales son las de juzgar la aproximación a la pista y la subsiguiente maniobra de aterrizaje. [20]

- **Factor de seguridad:** Las ayudas visuales colaboran con el piloto y el tránsito aéreo en las tareas menos complejas y las tareas más difíciles al pilotar una aeronave por medios visuales, disminuye el riesgo a la posibilidad de sufrir un accidente mediante el correcto uso de elementos y dispositivos de seguridad aeroportuaria.

5.- Actividad de Riesgo: Los pilotos habituados a volar sobre zonas con grandes árboles pueden efectuar la aproximación a la pista a ángulos inferiores a los normales cuando vuelan sobre zonas de “arbustos”, que tengan una apariencia similar a la de los árboles grandes. Los pilotos acostumbrados a volar sobre terreno básicamente llano pueden experimentar dificultades de apreciación al aproximarse a una pista situada en terrenos montañosos. Las modificaciones de las referencias visuales con las que se tiene experiencia, pueden dar origen a problemas de percepción ilusoria. [20]

- **Factor de seguridad:** Los pilotos tienen que enfrentarse a problemas visuales complejos en la aproximación a cualquier pista que carezca de ayudas visuales. Las ayudas visuales favorecen al piloto en toda la referencia visual en las que se basen los juicios de altura/distancia; evitando la percepción ilusoria y los accidentes.

4.10.2 La seguridad con el Sistema Electrónico de luces PAPI

1.- Actividad de Riesgo: El Indicador de Trayectoria de Aproximación de Precisión (PAPI) al ser una ayuda visual luminosa, instalada en la pista de aterrizaje; ofrece información al piloto para mantener la senda de planeo y velocidad adecuada; además del avión alineado con el eje de la pista, logrando aterrizar. [20]

- **Factor de seguridad:** Un buen aterrizaje es invariablemente el resultado de una aproximación bien efectuada. Si el piloto receipta información errónea de la senda de planeo, desarrolla una velocidad desacertada y se desalinea del eje de la pista; llegando al riesgo de una colisión con la pista de aterrizaje.

2.- Actividad de Riesgo: El sistema PAPI alerta al piloto la posición relativa del avión para juzgar adecuadamente la senda de descenso y manejar correctamente la energía total del avión (velocidad + altitud) con el objetivo de posarse sobre la superficie con la mínima energía total posible. [20]

- **Factor de seguridad:** Mantener la velocidad aerodinámica y la senda de aproximación con un ángulo de descenso constante, previene que la aeronave aterrice a gran velocidad y con toda la energía, impactándose con la pista de aterrizaje. Advierte la altitud ideal para la expulsión del tren de aterrizaje, sin que este corra el riesgo de deshacerse o colisionar con la pista.

3.- Actividad de Riesgo: Cada unidad PAPI emite un haz de alta intensidad, siendo la parte baja de color rojo y la parte superior de color blanco la transición entre los dos colores no debe tener lugar más allá de un ángulo superior a 3 minutos de arco, aún cuando el techo de nubes o visibilidad sean bajos. [20]

- **Factor de seguridad:** Garantiza sobrevolar los obstáculos adecuadamente, pero solamente cuando se está alineado al centro de la pista y con una variable de +/- 10° solamente dentro de los últimos 9.26 Km; factor que previene un siniestro de la aeronave con algún obstáculo cercano al aeropuerto.

4.- Actividad de Riesgo: Ayuda al piloto a mantener el sentido de la perspectiva (en distancia y en profundidad). La distancia a la cual enfocar la visión, que debe ser proporcional a la velocidad del aeroplano; para franquear los obstáculos y a su vez realizar una aproximación suficientemente larga, que le permita estimar y corregir tanto el punto de contacto como la senda de aproximación, pero no tan larga que no pueda llegar en caso de fallo de motor. [20]

- **Factor de seguridad:** Al existir o no, una emergencia de fallo del motor, el sentido de perspectiva del piloto guiado por el sistema PAPI; le permite mantener la alineación derecha-izquierda con el eje de la pista, y la alineación adecuada arriba-abajo en la senda de aproximación. Este factor previene el riesgo de un accidente de magnitud para aeronaves de todo tipo de envergadura, acorde a la flota de diseño.

5.- Actividad de Riesgo: El sistema PAPI complementa la aproximación por instrumentos IFR y ayuda al piloto para el aterrizaje en caso de fallo de las Radioayudas, con independencia del procedimiento. [20]

- **Factor de seguridad:** Para óptimas condiciones de visibilidad las luces del sistema PAPI, se observarán a más de 8 Km, tanto en el día como en la noche, aunque en la noche las luces pueden ser vistas a una distancia de 32 Km. Este factor ayuda al piloto a realizar las maniobras adecuadas para la aproximación y el aterrizaje, a pesar de no poder contar con las radioayudas o tener problemas con los instrumentos IFR.

6.- Actividad de Riesgo: En el aterrizaje suele ocurrir con frecuencia, los vórtices (estela turbulenta generada cuando el avión produce sustentación). Si el ángulo de descenso es pronunciado o la velocidad elevada, la recogida se hace más complicada. Si por el contrario, el ángulo de descenso es pequeño (senda plana), la posible facilidad en la recogida no compensa en absoluto el riesgo de no alcanzar la pista si falla el motor. El objetivo es pasar de una dirección de vuelo descendente a una dirección de vuelo paralelo a la pista, con el avión a unos pocos centímetros sobre esta. [20]

- **Factor de seguridad:** La alineación correcta de la aeronave, en la eficaz senda de aproximación de precisión; impide la ocurrencia de vórtices, además; una alineación correcta al eje longitudinal de la pista de aterrizaje, nivela la carga y proporciona equilibrio al avión para un excelente aterrizaje.

4.10.3 Cuantificación de la Seguridad a través del Método de William T. Fine

La característica de este método, es que se basa en tres factores. La probabilidad de ocurrencia (frecuencia), descompuesta en dos factores, según las ecuaciones (15) y (16):

$$Probabilidad = \frac{Accidentes Esperados}{Situación de riesgo} \quad (15)$$

$$Exposición = \frac{Situaciones de riesgo}{Tiempo} \quad (16)$$

El tercer factor añadido por Fine al cálculo de la magnitud del riesgo, son factores que ayudan a estimar el costo y la efectividad de las acciones correctivas, para determinar la justificación de estas acciones. Así, se tiene la expresión de la ecuación (17):

$$\text{Consecuencias} = \frac{\text{Daño esperado}}{\text{Accidente esperado}} \quad (17)$$

Entonces, la magnitud del riesgo (R) se obtiene según la ecuación (18):

$$R = C * E * P \quad (18)$$

Para lo cual, la expresión queda reducida según la ecuación (19):

$$R = \frac{\text{Daño esperado}}{\text{Tiempo}} \quad (19)$$

Grado de severidad de las consecuencias: Los valores para cuantificar el grado de severidad de las consecuencias, se puede apreciar en la Tabla 4.59. [21]

Tabla 4.59: Grado de severidad de las consecuencias

Grado de severidad de las consecuencias.	Valor
<i>Catastrófica.</i> Muertes múltiples, daños > 500.000 USD, paro mayor de actividad.	100
<i>Desastrosa.</i> Muertes múltiples, daños entre 250.000 y 500.000 USD.	40
<i>Muy seria.</i> Una muerte, daños entre 50.000 y 250.000 USD.	15
<i>Seria.</i> Lesiones muy graves (amputación, invalidez), daños de 500 a 50.000 USD.	7
<i>Importante.</i> Lesiones con incapacidad permanente, daños de 50 a 500 USD.	3
<i>Leve.</i> Pequeñas heridas o contusiones, daños < 50 USD.	1

Fuente. Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales. [21].

Elaborado por. Renato Falconí

Frecuencia de exposición: Los valores para cuantificar la frecuencia de exposición, se muestra en la Tabla 4.60. [21]

Tabla 4.60: Frecuencia de exposición

Frecuencia de exposición.	Valor
<i>Continua.</i> O varias veces al día.	10
<i>Frecuente.</i> Una vez por día.	6
<i>Ocasional.</i> Semanalmente.	3
<i>Poco usual.</i> Mensualmente.	2
<i>Rara.</i> Pocas veces al año.	1
<i>Muy rara.</i> Anualmente.	0.5
<i>Inexistente.</i> Nunca.	0

Fuente. Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales. [21].

Elaborado por. Renato Falconí

Escala de probabilidad: Los valores para cuantificar la escala de probabilidad, se visualiza en la Tabla 4.61. [21]

Tabla 4.61: Escala de probabilidad

Escala de probabilidad.	Valor
<i>Casi segura.</i> Lo más probable o esperado.	10
<i>Muy posible.</i> Completamente posible, probabilidad del 50%.	6
<i>Posible.</i> Raro pero posible, ha ocurrido.	3
<i>Poco posible.</i> Muy raro aunque se sabe que ha ocurrido.	1
<i>Remota.</i> Extremadamente rara; no ha sucedido hasta el momento.	0.5
<i>Muy remota.</i> Prácticamente imposible; posibilidad de 1 en un millón.	0.2
<i>Casi imposible.</i> Virtualmente imposible; se acerca a lo imposible.	0.1

Fuente. Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales. [21].
Elaborado por. Renato Falconí

Por último; Fine definió, la clasificación y criterios de actuación sobre el riesgo parámetros que cualifican la magnitud del riesgo en base a la cuantificación del grado de severidad de las consecuencias, la frecuencia de exposición y la escala de probabilidad; valoración que permitirá reconocer el incremento de la seguridad en el Aeropuerto Jumandy a partir de la implementación del sistema PAPI.

La Tabla 4.62 muestra la clasificación y criterios de actuación sobre el riesgo, según el criterio de William Fine. [21]

Tabla 4.62: Clasificación y criterios de actuación sobre el riesgo

Magnitud del riesgo	Clasificación del riesgo	Acción frente al riesgo
Mayor que 400	Muy alto	Detención inmediata de la actividad peligrosa.
Entre 200 y 400	Alto	Corrección inmediata.
Entre 70 y 200	Notable	Corrección necesaria urgente.
Entre 20 y 70	Posible	No es emergencia pero debe ser corregido el riesgo.
Menos de 20	Aceptable	Puede omitirse la corrección.

Fuente. Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales. [21].
Elaborado por. Renato Falconí

Un aspecto interesante del método Fine, es el factor de justificación de la acción correctora, que valorará el costo estimado y la efectividad de dicha acción. El Factor de Justificación (J) se calcula en función de la Magnitud del Riesgo (R), de un Factor de

Reducción del riesgo (F) y de un factor dependiente del costo económico de esta operación (d). Su fórmula está representada en la ecuación (20):

$$J = \frac{R * F}{d} \quad (20)$$

Donde el Factor de Costo (d) es una medida estimada del costo (c) en unidades monetarias de la corrección propuesta para el riesgo, como lo indica la ecuación (21):

$$d = \sqrt{\frac{c * 166.386}{7000}} \quad (21)$$

El Factor de Reducción del Riesgo (F) es una estimación del grado de disminución del riesgo por medio de la acción correctiva propuesta. La dificultad estriba en averiguar objetivamente el porcentaje en que se ve reducido el riesgo. Tal valor sólo será aceptable si es semejante al mostrado en la ecuación (22):

$$F = \frac{R_i - R_f}{R_i} \quad (22)$$

Donde R_i y R_f son respectivamente las magnitudes del riesgo antes y después de aplicada la acción correctiva. [21]

NOTA: Cuando el Factor de Justificación es < 10 no se justifica la acción propuesta. Si resulta entre 10 y 20 la acción está justificada y, superiores a 20 la medida es lo más acertada posible. [21]

La Tabla 4.63 muestra la cuantificación de la seguridad antes del diseño de las ayudas visuales en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

Tabla 4.63: Seguridad antes del Diseño de las Ayudas Visuales

Denominación	Grado de Consecuencias	Frecuencia de Exposición	Escala de Probabilidad
Ayudas Visuales	Catastrófica. (x)	Continua. (x)	Casi segura. (x)
	Desastrosa. (x)	Frecuente. (x)	Muy posible. (x)
	Muy seria. (x)	Ocasional. (x)	Posible. ()
	Seria. (x)	Poco usual. (x)	Poco posible. (x)
	Importante. (x)	Rara. (x)	Remota. ()
	Leve. (x)	Muy rara. (x)	Muy remota. ()
		Inexistente. ()	Casi imposible. ()
Total	166/166	22.5/22.5	17/20.8
Magnitud de Riesgo	$(166 * 22.5 * 17) = 63.495$		
Clasificación del riesgo	Muy alto		
Acción frente al riesgo	Detención inmediata de la actividad peligrosa		
Factor justificación	Con un costo aproximado para las ayudas visuales, de 90.000 USD; el factor justificación es de 21,71.		
Resultado	La propuesta es la más acertada posible.		

Fuente. Diseño de las ayudas visuales para el Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Interpretación: Antes del diseño de las Ayudas Visuales para el Aeropuerto Jumandy, la magnitud de riesgo llegó a un valor de 63.495 generando un riesgo muy alto; para ello el factor justificación obtuvo un valor de 21,71 estableciendo que la propuesta es la más acertada posible, con un costo aproximado para las ayudas visuales de 90.000 dólares.

La Tabla 4.64 muestra la cuantificación de la seguridad sujeta al diseño de las ayudas visuales en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

Tabla 4.64: Seguridad con el Diseño de las Ayudas Visuales

Denominación	Grado de Consecuencias	Frecuencia de Exposición	Escala de Probabilidad
Ayudas Visuales	Catastrófica. ()	Continua. ()	Casi segura. ()
	Desastrosa. (x)	Frecuente. ()	Muy posible. (x)
	Muy seria. (x)	Ocasional. ()	Posible. (x)
	Seria. (x)	Poco usual. ()	Poco posible. ()
	Importante. (x)	Rara. (x)	Remota. ()
	Leve. (x)	Muy rara. ()	Muy remota. ()
		Inexistente. (x)	Casi imposible. ()
Total	66/166	1/22.5	9/20.8
Magnitud de Riesgo	$(66 * 1 * 9) = 594$		
Clasificación del riesgo	Muy alto		
Acción frente al riesgo	Detención inmediata de la actividad peligrosa		
Factor justificación	Con un costo aproximado para las ayudas visuales, de 90.000 USD; el factor justificación es de 0,08.		
Resultado	La acción de corrección fue la adecuada.		

Fuente. Diseño de las ayudas visuales para el Aeropuerto Jumandy
Elaborado por. Renato Falconí

Interpretación: Con el diseño de las Ayudas Visuales para el Aeropuerto Jumandy, la magnitud de riesgo llegó a un valor de 594 generando un riesgo muy alto; para ello el factor justificación obtuvo un valor de 0,08 estableciendo que la propuesta fue la adecuada, con un costo aproximado para las ayudas visuales de 90.000 dólares.

La Tabla 4.65 muestra la cuantificación de la seguridad antes de la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

Tabla 4.65: Seguridad antes del Sistema PAPI

Denominación	Grado de Consecuencias	Frecuencia de Exposición	Escala de Probabilidad
Ayudas Visuales	Catastrófica. (x)	Continua. (x)	Casi segura. (x)
	Desastrosa. (x)	Frecuente. (x)	Muy posible. (x)
	Muy seria. (x)	Ocasional. (x)	Posible. (x)
	Seria. (x)	Poco usual. (x)	Poco posible. (x)
	Importante. (x)	Rara. (x)	Remota. (x)
	Leve. (x)	Muy rara. (x)	Muy remota. ()
		Inexistente. ()	Casi imposible. ()
Total	166/166	22.5/22.5	20.5/20.8
Magnitud de Riesgo	$(166 * 22.5 * 20.5) = 76.568$		
Clasificación del riesgo	Muy alto		
Acción frente al riesgo	Detención inmediata de la actividad peligrosa		
Factor justificación	Con un costo aproximado para las ayudas visuales, de 31.696 USD; el factor justificación es de 41.		
Resultado	La propuesta es la más acertada posible.		

Fuente. Implementación del sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Interpretación: Antes de la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy, la magnitud de riesgo llegó a un valor de 76.568 generando un riesgo muy alto; para ello el factor justificación obtuvo un valor de 41 estableciendo que la propuesta es la más acertada posible, con un costo del sistema PAPI de 31.696 dólares.

La Tabla 4.66 muestra la cuantificación de la seguridad con la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena.

Tabla 4.66: Seguridad con el Sistema PAPI

Denominación	Grado de Consecuencias	Frecuencia de Exposición	Escala de Probabilidad
Ayudas Visuales	Catastrófica. ()	Continua. ()	Casi segura. ()
	Desastrosa. (x)	Frecuente. ()	Muy posible. ()
	Muy seria. (x)	Ocasional. (x)	Posible. (x)
	Seria. (x)	Poco usual. (x)	Poco posible. (x)
	Importante. (x)	Rara. ()	Remota. (x)
	Leve. (x)	Muy rara. (x)	Muy remota. (x)
		Inexistente. (x)	Casi imposible. ()
Total	66/166	5.5/22.5	4.7/20.8
Magnitud de Riesgo	$(66 * 5.5 * 4.7) = 1.706,1$		
Clasificación del riesgo	Muy alto		
Acción frente al riesgo	Detención inmediata de la actividad peligrosa		
Factor justificación	Con un costo aproximado para las ayudas visuales, de 31.696 USD; el factor justificación es de 0,36.		
Resultado	La acción de corrección fue la correcta.		

Fuente. Implementación del sistema electrónico de luces PAPI
Elaborado por. Renato Falconí

Interpretación: Con la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy, la magnitud de riesgo llega a un valor de 1.706,1 generando un riesgo muy alto; para ello el factor justificación es un valor de 0,36 estableciendo que la propuesta fue la correcta, con un costo del sistema PAPI de 31.696 dólares.

La Tabla 4.67 muestra la evaluación de riesgos y seguridad con el diseño de las ayudas visuales y la implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI.

Tabla 4.67: Evaluación de riesgos y seguridad

N°	Peligro identificado	Riesgo	Mejora de seguridad con la propuesta
1	Señalización para aterrizar y despegar.	Personal aeroportuario, aeronave, operación y mantenimiento del aeropuerto.	80%
2	Despegues y aterrizajes nocturnos y en condiciones de visibilidad reducida.	Estandarización internacional (OACI, FAA) errónea.	95%
3	Tránsito aéreo desinformado visualmente.	Incorrecta ubicación de los dispositivos de seguridad aeronáutica y control de tránsito aéreo.	90%
4	Localización del aeropuerto, aproximación y aterrizaje.	Reducidos medios de ayuda visuales para maniobrar la aeronave.	90%
5	Percepción ilusoria.	Referencia visual equivoca para juicio de altura/distancia.	90%
6	Senda de planeo y velocidad adecuada.	Aproximación y aterrizaje mal efectuado	95%
7	Energía total de avión (velocidad y altitud).	Colisión con la pista de aterrizaje.	85%
8	Haz de luz de alta intensidad para techo de nubes y visibilidad baja.	No sobrevolar los obstáculos.	80%
9	Perspectiva en distancia y profundidad.	No estimar y corregir el punto de contacto y la senda de aproximación.	95%
10	Fallo de radioayudas.	Visibilidad del sistema PAPI a 8 Km en el día y 32 Km en la noche.	90%
11	Vórtices de aterrizaje.	Fase de recogida para el aterrizaje mal efectuada.	95%

Fuente. Implementación del sistema PAPI y diseño de las ayudas visuales
Elaborado por. Renato Falconí

Interpretación: La implementación del Sistema Electrónico de luces PAPI en el Aeropuerto Jumandy y el diseño de las Ayudas Visuales para la terminal aérea, atraen mejoras en la seguridad y operatividad a corto y largo plazo; estos aspectos se cuantifican en un porcentaje promedio de 89,54 %.

4.11. Manual de mantenimiento del Sistema Electrónico de luces PAPI

NOTA: El manual para el mantenimiento del Sistema Electrónico de luces PAPI, se encuentra en el **ANEXO C: Manual de Mantenimiento**. Y la constancia de capacitación al personal aeroportuario comprometido con el soporte y mantenimiento del sistema PAPI, se visualiza en el **ANEXO D: Fotografías sistema electrónico de luces PAPI**.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Durante el desarrollo de este Trabajo de Graduación se han presentado aspectos relevantes en lo concerniente a la implementación del Sistema Electrónico de Luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI) y el diseño de las Ayudas Visuales del Aeropuerto Jumandy, a continuación:

- La Ayuda Visual Iluminada en la pista de aterrizaje, a través del sistema PAPI; es un segmento fundamental para la precisión en la aproximación y aterrizaje de una aeronave; previene riesgos y guía al piloto para una óptima senda de descenso en un ángulo de 3°; y cuantifica al 1/3 de pista requerido para el aterrizaje seguro. A su vez, el avión crítico para el cual está implementado el sistema PAPI es el Boeing 767-300, con una altura MEHT calculada de 18,7 m.
- El RVR establecido para el sistema PAPI es de 350 m y la altura de decisión para la que fue implementado es de 30 m a 60 m, logrando superar las condiciones meteorológicas de humedad y el clima tropical, subtropical y lluvioso de la parroquia Ahuano; que no desfavorecen el sistema PAPI porque trabaja de -55 °C a +55 °C. Teniendo registrado 38 °C como la temperatura más elevada en el mes de agosto; y marzo, abril y mayo como los meses de más lluvias.
- La tecnología en ayudas visuales iluminadas y no iluminadas para aeropuertos, bajo estándares internacionales; exigían obligatoriamente para el Aeropuerto Jumandy de clave de referencia 4D, CAT II, con una pista de aproximación de precisión y vuelo por instrumentos (ILS); la existencia de un sistema electrónico de luces PAPI.

- La implementación del sistema PAPI optimizará la etapa de aproximación y aterrizaje en la pista del aeropuerto, impulsando la operatividad a 27 operaciones/hora para el año 2015. Debido al promedio de intensidad lumínica de las unidades YOUYANG PAPI 400 de 58.250 cd (Blanco) y 9.000 cd (Rojo), el sistema operará en el día, crepúsculo, la noche y condiciones meteorológicas de poca visibilidad.
- El voltaje de salida máximo del RCC para el circuito de carga efectuado por el sistema PAPI; es 337,32 V de C.A. y una potencia de 1,6 KW necesario para las ocho lámparas de tungsteno halógeno. El RCC YCR 5000 YOUYANG satisface esos requerimientos con una salida 6,6A y de 4KW a 30KW.
- A partir de las normas internacionales estipuladas por la OACI y FAA; además consolidadas y/o adaptadas por la DGAC del Ecuador, se implementó el sistema electrónico de luces PAPI al lado izquierdo de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Jumandy; con una distancia de 15,24 m desde el borde de la pista hacia la unidad PAPI más cercana y con un espaciado lateral de 9,14 m entre unidades, formando una sola barra de ala PAPI estilo B L-880. Además, los cálculos estipularon una distancia de 394 m desde el umbral a dicha barra de ala. Los ángulos de enfoque a los que se alinearon las unidades son 3°35' (04), 3°15' (03), 2°45' (02) y 2°25' (01); según lo recomienda el reglaje de ángulos de aproximación, en el Manual de diseño de aeródromos Parte 4 de la OACI.
- El software de control y monitoreo del fabricante YOUYANG, instalado en el Aeropuerto Jumandy tiene como función principal; permitir el manejo de activación, desactivación y variación de los niveles de brillo de las luces PAPI. Además de verificar fallas en cualquier RCC, en el voltaje y corriente y fallas en las lámparas; interactuando ya sea en modo lógico o modo local, para que el personal de Tránsito Aéreo; que dirige la TWR, actúe inmediatamente previniendo riesgos y evitando averías de componentes o equipos.

5.2. Recomendaciones

A continuación se presentan las principales recomendaciones efectuadas en la implementación del sistema electrónico de luces PAPI, además con el objeto de mantener en buenas condiciones de seguridad y operación:

- La refrigeración del RCC es muy importante dado que toda la energía eléctrica que se suministra al circuito serie del sistema PAPI circula por él; para con ello, evitar en un 60% las pérdidas en forma de calor que suelen ser elevadas.
- Llevar un registro de los equipos a utilizar y de la ubicación de cada uno para un fácil mantenimiento y control del sistema PAPI; además de una limpieza periódica de lámparas y lentes de las unidades para mantener una uniformidad en el brillo (1 a 5 niveles de intensidad), factor primordial para la navegación aérea.
- Emplear en lo posible para la distribución y canalización del cableado, manguera negra tipo flex a lo largo del sistema de ductos PVC nuevos y existentes. Además verificar el buen estado de los cables: potencia (iluminación), FTP (comunicaciones), Profibus RS-485 (control), conectores y empalmes; puesto que estos pueden encontrarse sulfatados por la humedad o ya sea debido al envejecimiento térmico de los aislantes, temperatura excesiva causada por el clima, los armónicos, sobretensiones, etc.; para una mayor confiabilidad y correcto funcionamiento del sistema PAPI.
- Diseñar e instalar un sistema de puesta a tierra en el sistema electrónico de luces PAPI; preferiblemente interconectado y unificado con la malla de puesta a tierra de la TWR, para que se garantice un sistema equipotencial de referencia de tierra.
- Concienciar y motivar al personal de Tránsito Aéreo a capacitarse en el *Manual de los Servicios de Tránsito Aéreo de la DGAC* para el ajuste de intensidad de brillo del PAPI en sus tres niveles: (1 y 2) Baja-NOCHE-Puesta del sol hasta la salida del sol, (3 y 4) Media-DIA-Salida del sol hasta la puesta del sol, (5) Alta-A solicitud del piloto o en condiciones MET adversas. Es conveniente evitar los cambios bruscos en la intensidad de brillo de las luces para no dar al piloto la falsa impresión de una visibilidad cambiante o deslumbrar al piloto a una distancia menor.
- Realizar un mantenimiento preventivo-correctivo periódico como propone el *Manual de Mantenimiento* del sistema electrónico de luces PAPI; para evitar suciedades en las lentes, polvo, telarañas, cera y colmenas de avispas, etc.; que puedan ocasionar problemas en el funcionamiento óptimo de las luces PAPI.
- Realizar un *Estudio de Impacto Ambiental* como norma obligatoria en proyectos de ejecución e instalaciones aeroportuarias, regidas por el Ministerio del Ambiente ecuatoriano.

BIBLIOGRAFÍA


- [1] Pindado Carrión, S., “Elementos del transporte aéreo”. Serie de ingeniería y tecnología aeroespacial. España, Madrid, Primera Edición, Universidad Politécnica de Madrid, 2012, pp. 26-27.
- [2] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Anexo 14-Aeródromos. Volumen 1. “Diseño y operaciones de Aeródromos”, España, Montreal, 2012, pp. 1-7 hasta 2-6.
- [3] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Procedimientos para los servicios de navegación aérea. Reglamento del aire y Servicios de tránsito aéreo, Doc. 4444-RAC/501, España, Montreal, 2011, pp. 2-9 hasta 2-12.
- [4] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. “Ayudas visuales”, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2012, pp. 4-1 hasta 4-78.
- [5] FAA (Administración Federal de Aviación). Circular de información técnica. Design And Installation Details for Airport Visual Aids. Advisory Circular AC 150/5340-30, Estados Unidos, 2011, pp. 45-72.
- [6] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. “Sistemas eléctricos”, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2012, pp. 5-1 hasta 5-13.
- [7] H. Duncan, “Airpot Lighting”, Revista COOPER, Volumen 7, N° 20, Catálogo de productos, Estados Unidos, 2012, pp. 132-134.
- [8] R. Jiménez, “Airfield Lighting”, Revista THORN, Volumen 4, N° 11, Sistema Visual Indicador de Pendiente de Aproximación, España, 2012, pp. 2-11.
- [9] M. Muñoz, Fundamentos de Ingeniería Aeronáutica, Capítulo 7: “Técnicas para el circuito de vuelo”, Quinta Edición, Editorial THOMSON, México, 2011, pp. 46-53.

- [10] S.I. Barbosa, “Sistema de luces y señalización en aeródromos”, Revista ELECTROMUNDO, Volumen 3, Nº 56, Universidad Mayor de San Andrés, España, 2012, pp. 149-156.
- [11] Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), Guía de Señalamiento e iluminación de obstáculos, Capítulo 1: “Señalamiento e Iluminación de Aeropuertos”, Segunda Edición, Estados Unidos, 2012, pp. 16-33.
- [12] Organización de Aviación Civil Internacional y Asociación Internacional de Transporte Aéreo (OACI-IATA), Manual de diseño de aeródromos, Capítulo 2: “Señales y Balizas”, Séptima Edición, Doc. 9157. Parte 4, Canadá, 2011, pp. 28.
- [13] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 1. “Pistas”, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2012, pp. 1-7 hasta 2-13.
- [14] DGAC (Dirección General de Aviación Civil, Ecuador). Información Aeropuerto Jumandy. Informe de construcción y restructuración, Ecuador, Tena, 2010.
- [15] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 2. “Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera”, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2012, pp. 2-3 hasta 2-14.
- [16] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de diseño de aeródromos. Telecomunicaciones Aeronáuticas. Anexo 10, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2011, pp. 1-4 hasta 2-6.
- [17] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. “Ayudas visuales”, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2012, pp. 3-1 hasta 16-5.
- [18] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 5. “Sistemas eléctricos”, Doc. 9157-AN/901, España, Montreal, 2012, pp. 6-1 hasta 7-10.

[19] YOUYANG.CO. Airport Lighting Equipment Inc. “Precision Approach Path Indicator PAPI 400”, Korea, Gwanyang-dong, recuperado 03 de junio del 2014, de: <http://www.airportlight.co.uk/data/cat.pdf>.

[20] ADB-AIRFIELD.COM. ADB Airfield Solutions. A Siemens Company “Style B L-880/L-881 PAPI”. “Precision Approach Path Indicator (Current Powered)”, Estados Unidos, Document No. 96A0207, recuperado 20 de marzo del 2014, de: <http://www.adb-airfield.com/media/9001/96A0207.pdf>.


[21] J. Rubio, Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales, Capítulo 3: “Métodos para la evaluación de riesgos”, Primera Edición, Editorial Díaz de Santos, Madrid, España, 2004, pp. 31-38.


	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H.
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	ÍNDICE DE ANEXOS	

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Planos	190
ANEXO B: Estudio de Impacto Ambiental	209
ANEXO C: Manual de Mantenimiento	222
ANEXO D: Fotografías sistema electrónico de luces PAPI	236


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H.
	ANEXOS	FECHA: 2014-05-17
	ÍNDICE DE PLANOS	HOJA 2

ANEXO A: Planos

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1: Unidad PAPI YOUYANG	191
PLANO 2: Pierna de Anclaje YOUYANG	192
PLANO 3: Plataforma de concreto	193
PLANO 4: Conexión de la Unidad PAPI (Vista Frontal)	194
PLANO 5: Conexión de la Unidad PAPI (Vista Lateral)	195
PLANO 6: Dispositivo de Alineación	196
PLANO 7: Conexión general de las Unidades PAPI	197
PLANO 8: Conexión detallada de las Unidades PAPI	198
PLANO 9: Cableado interno interruptor de inclinación Máster	199
PLANO 10: Cableado interno interruptor de inclinación Esclavo	200
PLANO 11: Diagrama eléctrico del diseño Sistema PAPI	201
PLANO 12: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 1	202
PLANO 13: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 2	203
PLANO 14: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 3	204
PLANO 15: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 4	205
PLANO 16: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 5	206
PLANO 17: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 6	207
PLANO 18: Diseño Ayuda Visual Aeropuerto Jumandy	208

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

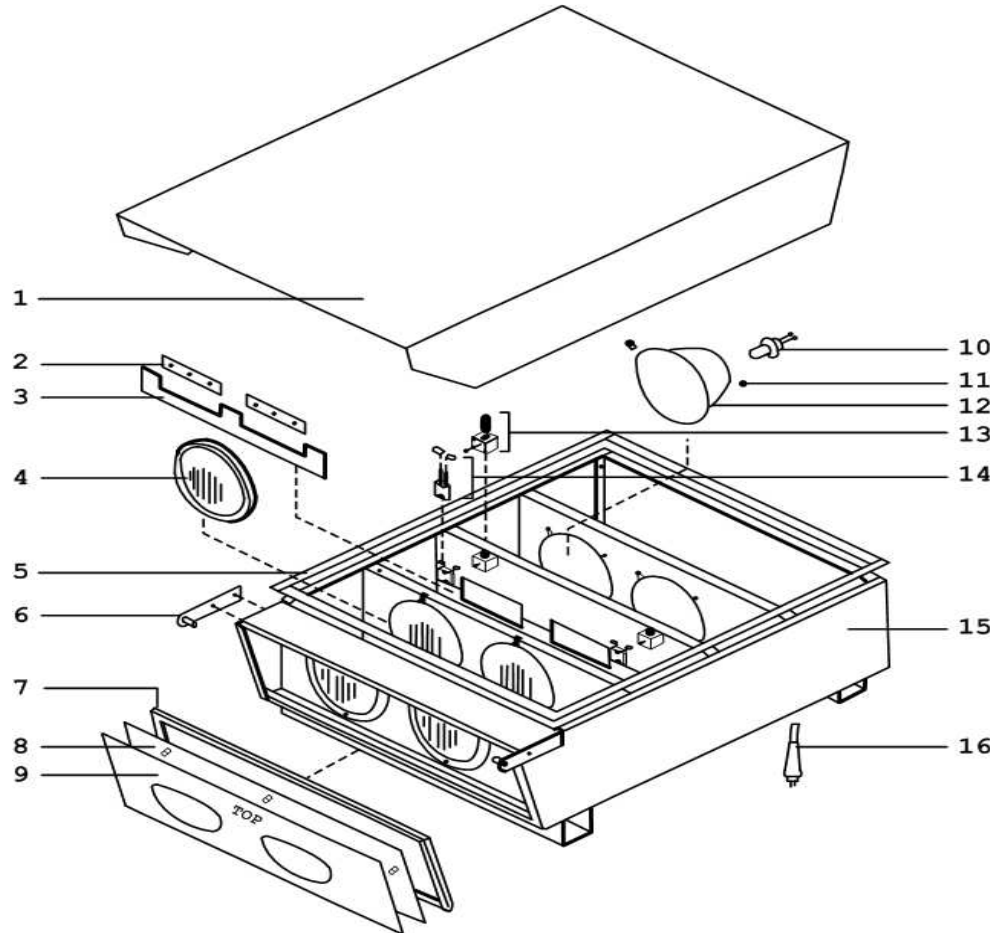
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I

ANEXOS

PLANO 1: Unidad PAPI YOUUYANG

MPAPI - 001
R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17
HOJA 3



UNIDAD PAPI

- 1.- CUERPO CUBIERTO
- 2.- FILTRO
- 3.- SOPORTE DE FILTRO
- 4.- LENTES INTERNOS
- 5.- EMPAQUETADURA
- 6.- CUBIERTA DE SOPORTE FRONTAL
- 7.- EMPAQUETADURA FRONTAL
- 8.- ESPEJO FRONTAL
- 9.- CUBIERTA FRONTAL
- 10.- LÁMPARA HALÓGENA
- 11.- SOPORTE DE REFLECTOR
- 12.- REFLECTOR
- 13.- SOPORTE DE DISPOSITIVO DE ENFOQUE
- 14.- ACCESORIO DEL FILTRO
- 15.- CUERPO
- 16.- ENCHUFE DE DOS POLOS



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

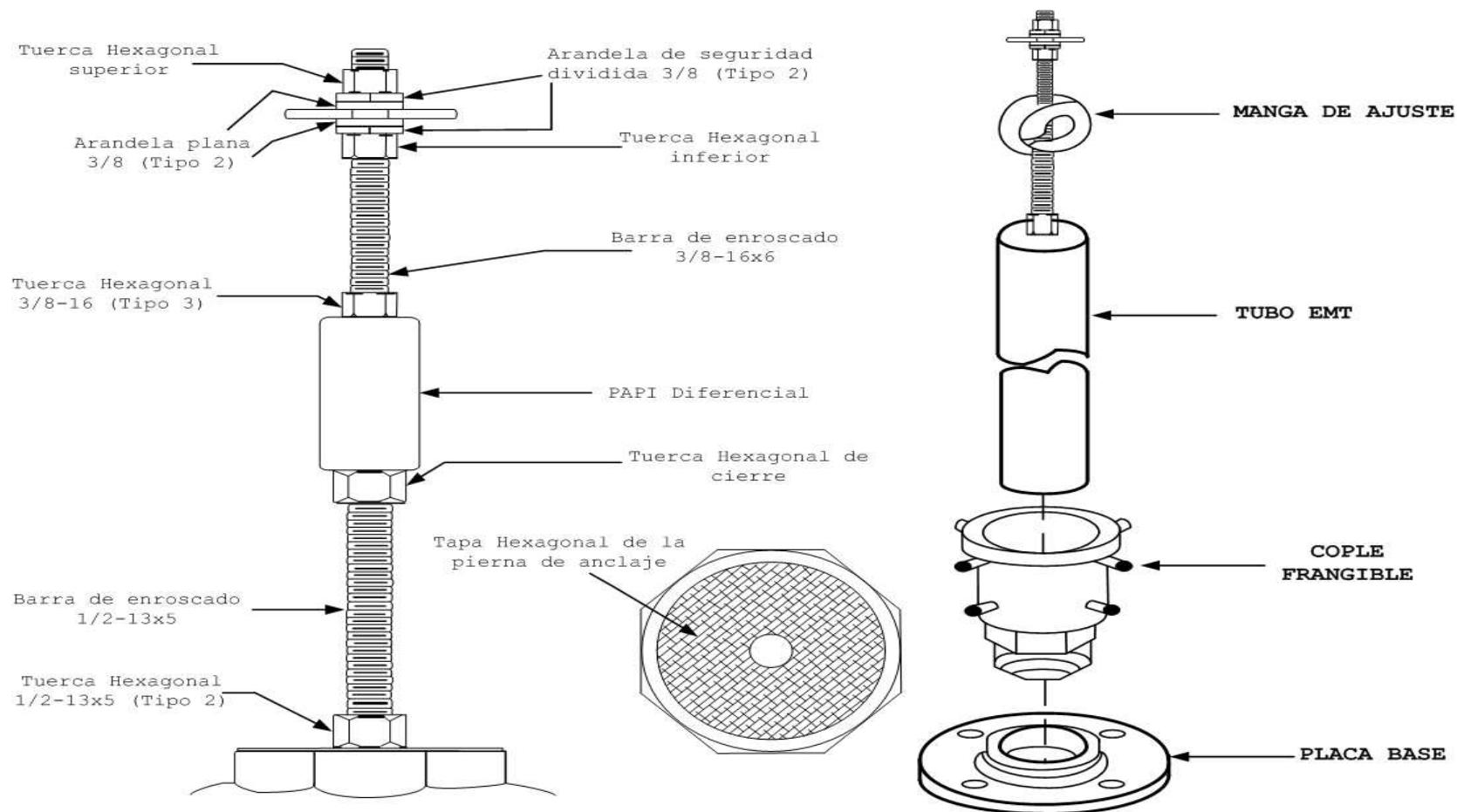
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I

ANEXOS

PLANO 2: Pierna de Anclaje YOUYANG

MPAPI – 001
R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17
HOJA 4



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:

Ing. Juan Andino

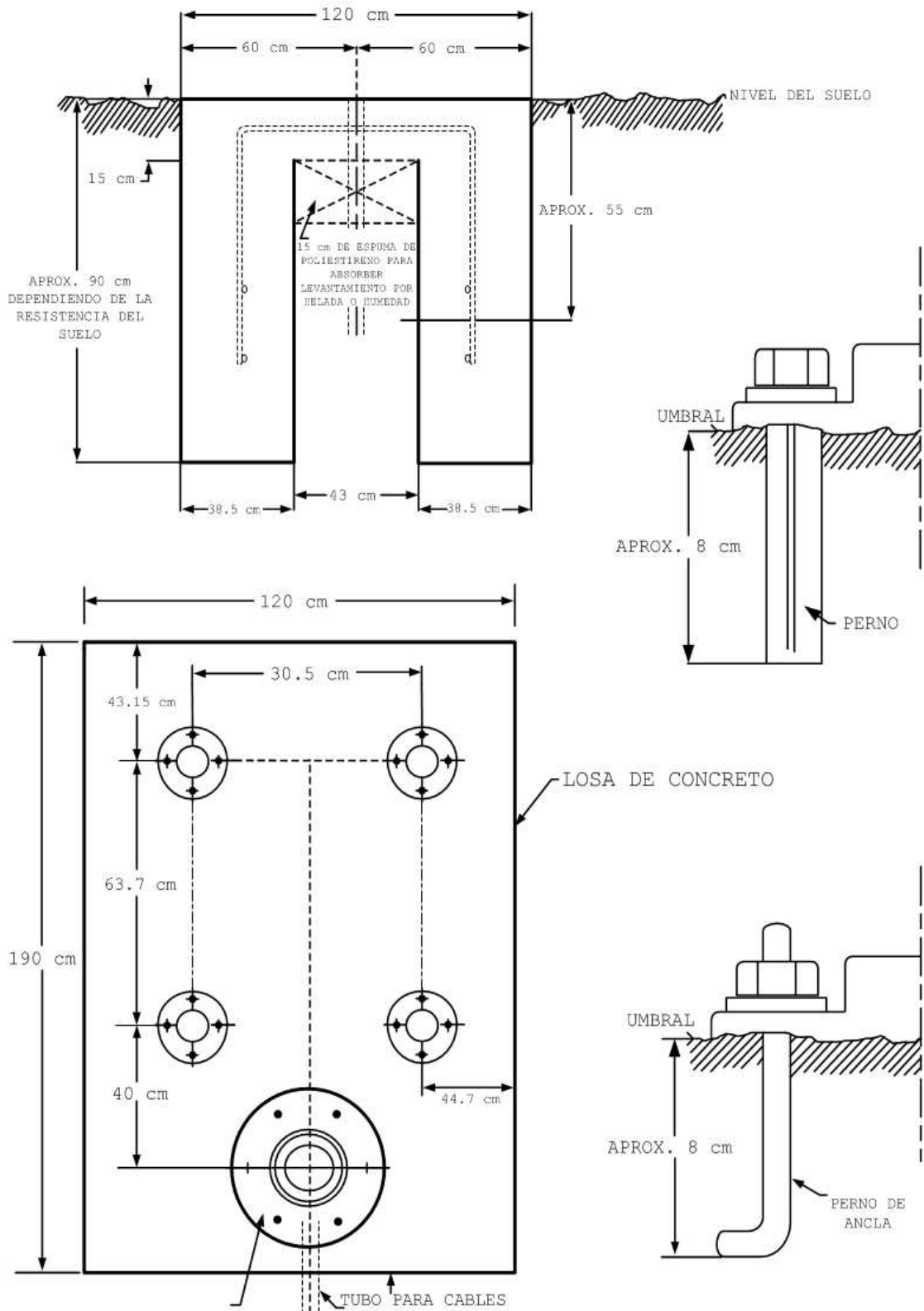


AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I

MPAPI – 001
 R.D.F.H.
 FECHA: 2014-05-17
 HOJA 5

ANEXOS

PLANO 3: Plataforma de concreto



	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I

ANEXOS

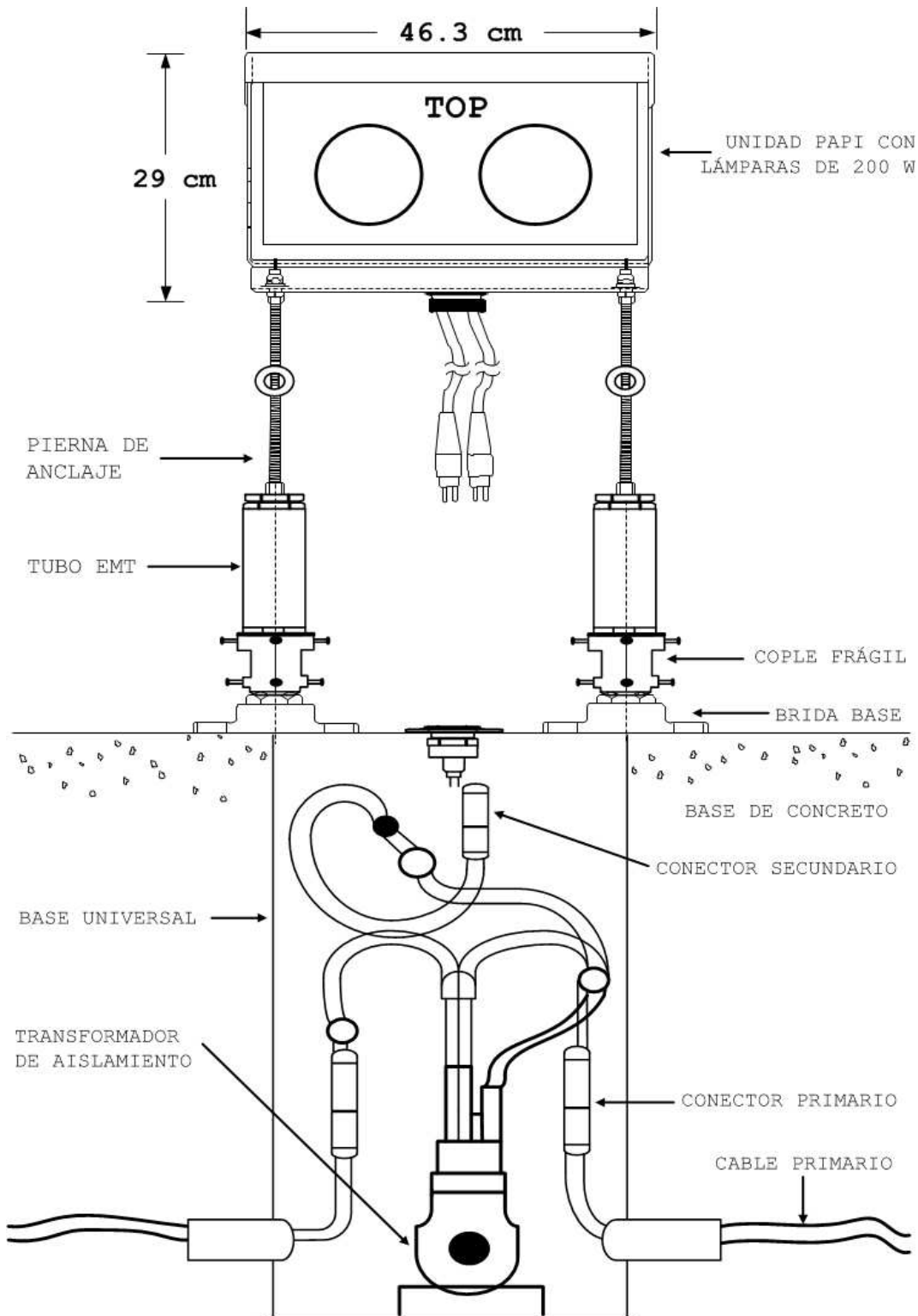
PLANO 4: Conexión de la Unidad PAPI (Vista Frontal)

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 6



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

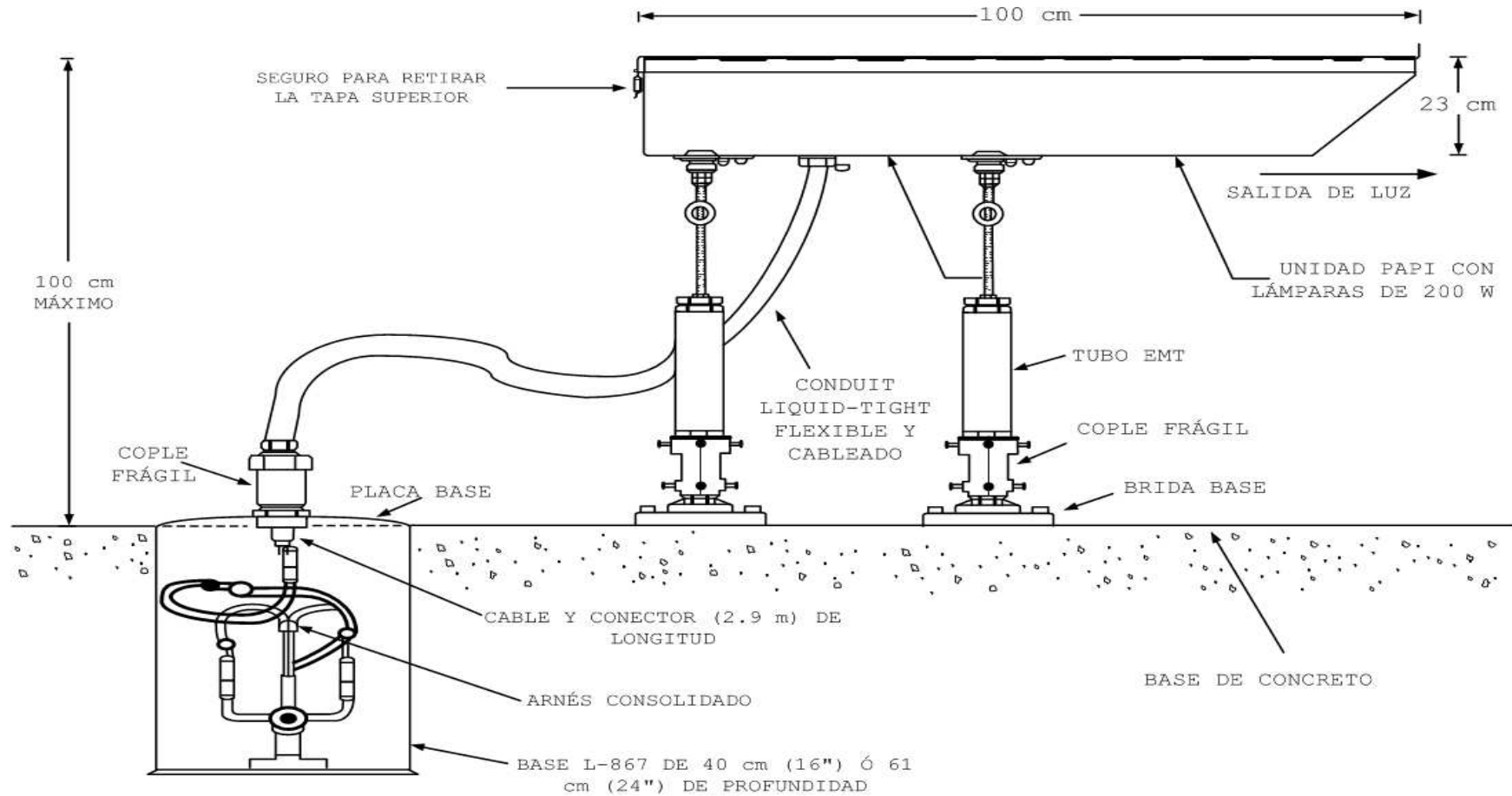
PLANO 5: Conexión de la Unidad PAPI (Vista Lateral)

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 7



NOTA: LA BASE L-867 PUEDE LOCALIZARSE DONDE SEA, DENTRO DEL ALCANCE DEL ENSAMBLE DEL CABLE



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

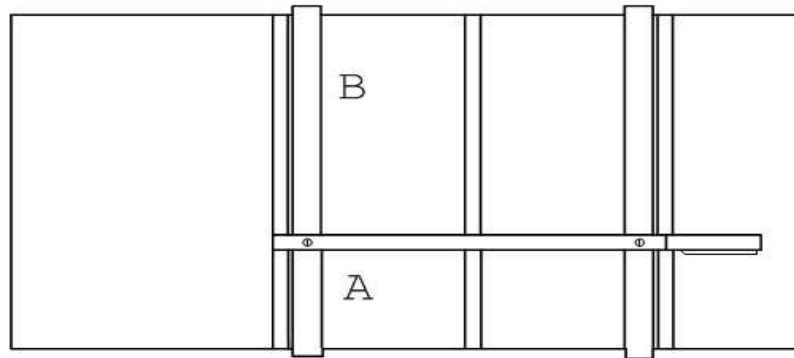
PLANO 6: Dispositivo de Alineación

MPAPI - 001

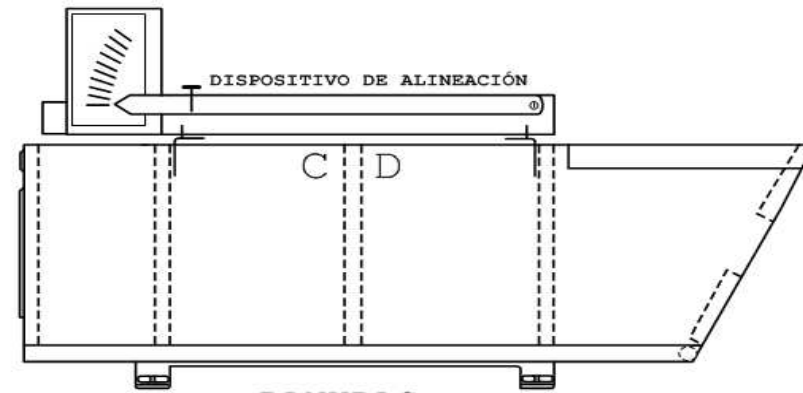
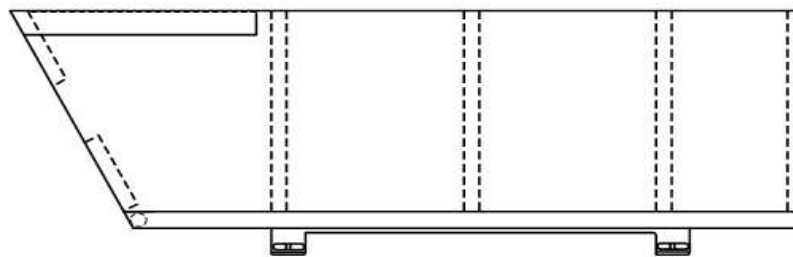
R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

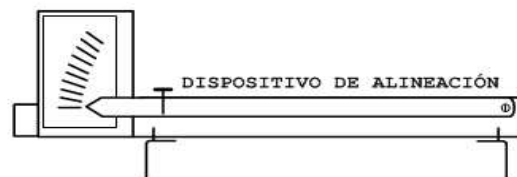
HOJA 8



BLOQUES DE REFERENCIA



RANURAS



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

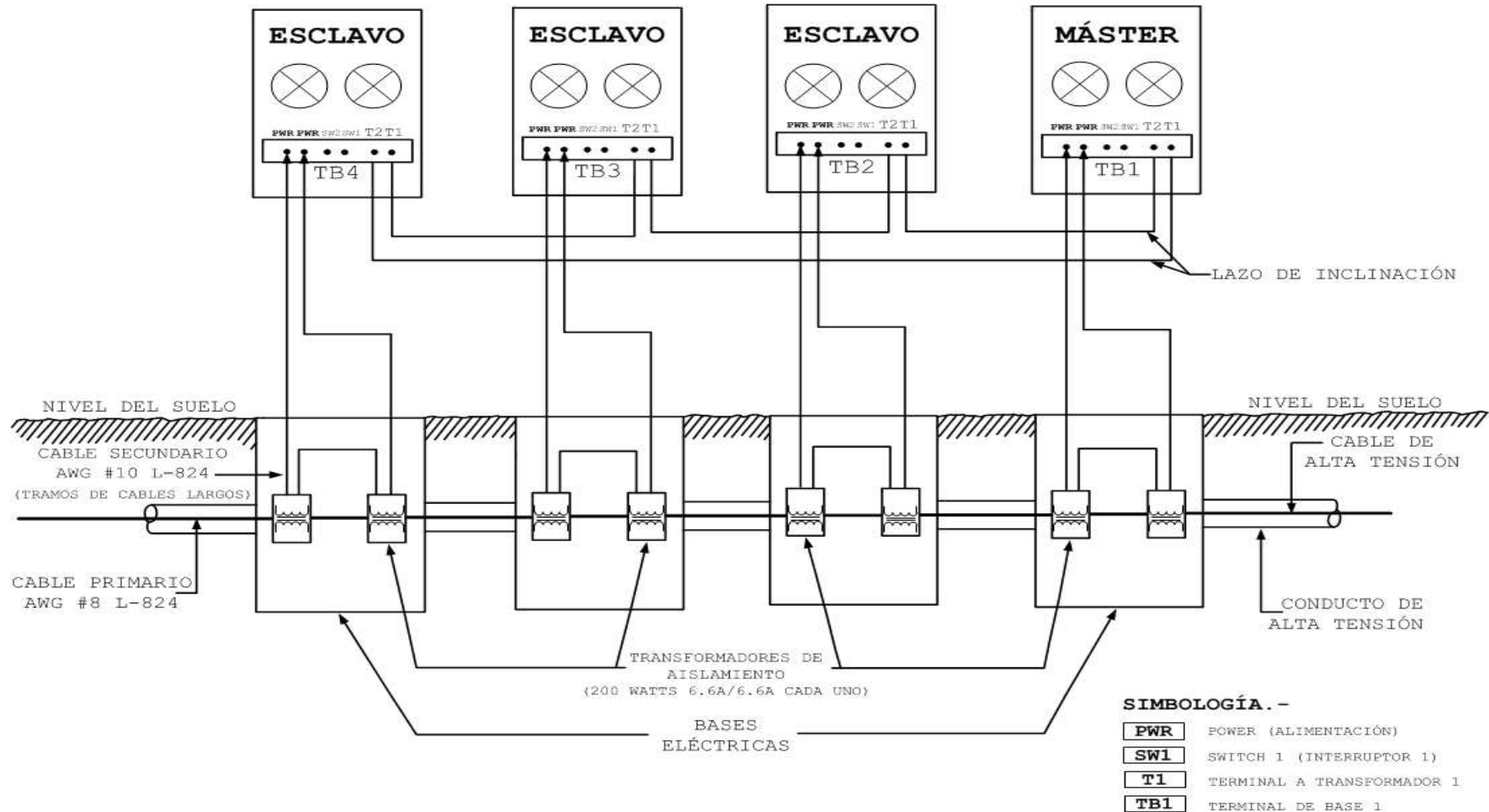
PLANO 7: Conexión general de las Unidades PAPI

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 9



	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

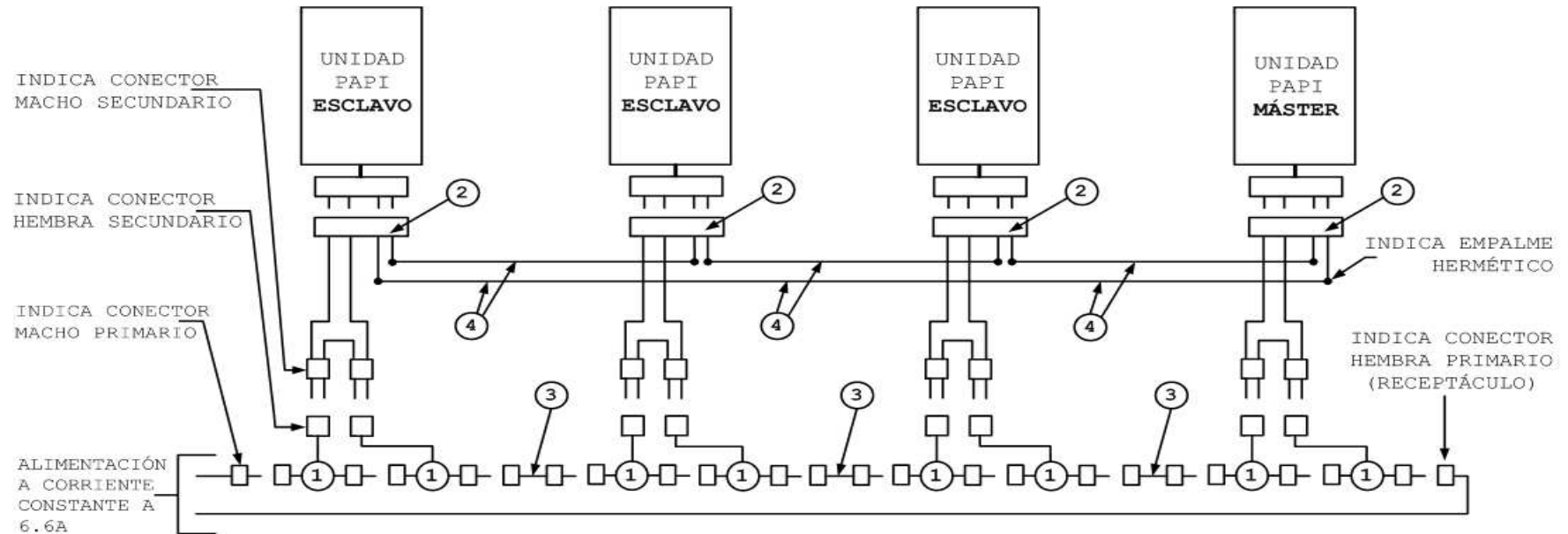
PLANO 8: Conexión detallada de las Unidades PAPI

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 10



- ① TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO DE 200W, 6.6/6.6A
- ② ARNÉS CONSOLIDADO
- ③ TERMINAL DE ALIMENTACIÓN CON CONECTORES KIT APROPIADOS L-823, UTILICE CABLE TIPO C AWG #12 L-824 (TRAMOS DE CABLES CORTOS)
- ④ TERMINALES DEL INTERRUPTOR DE INCLINACIÓN, UTILICE CABLES TIPO C #16 AWG MÍNIMO



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

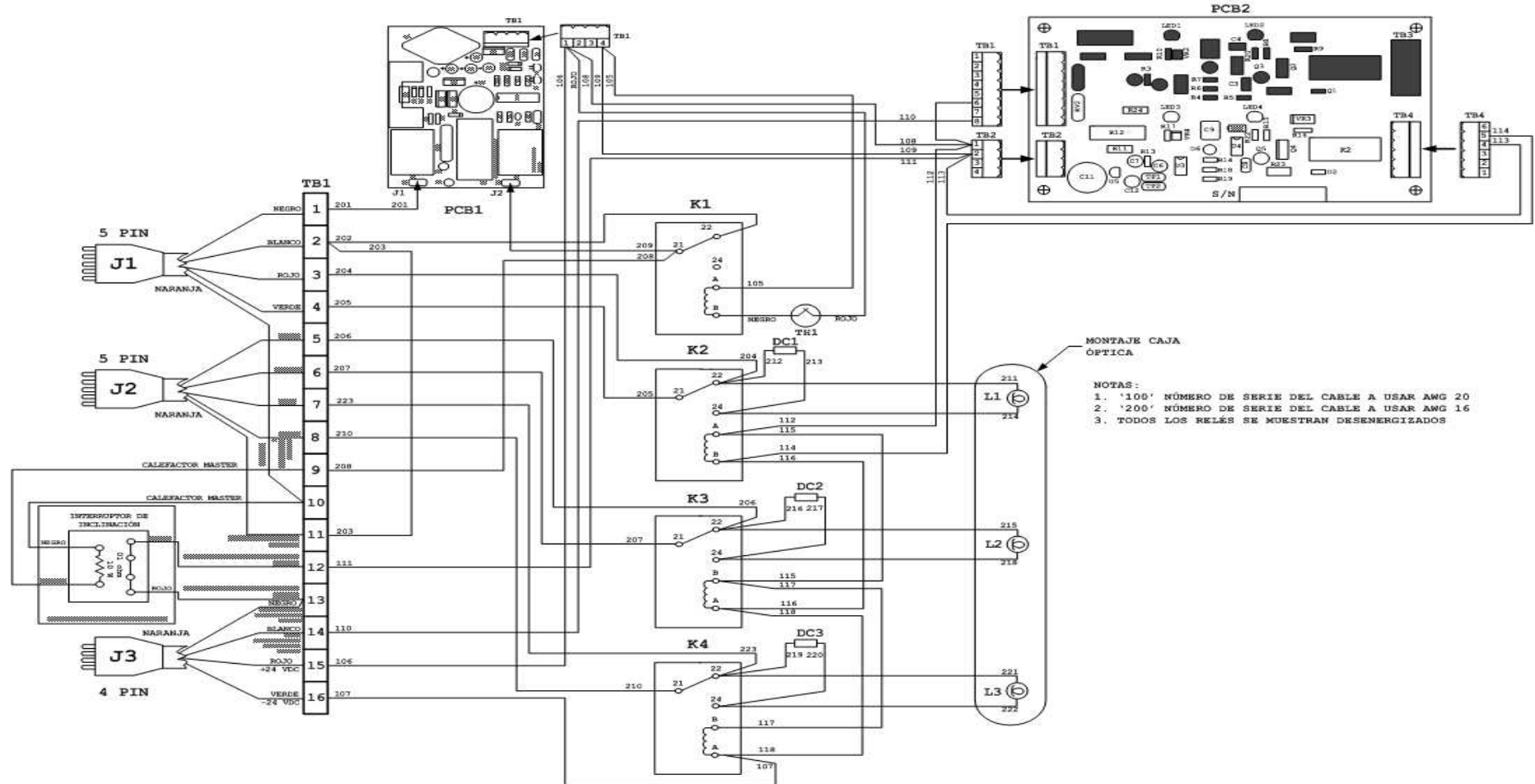
Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.
PLANO 9: Cableado interno interruptor de inclinación Máster

MPAPI - 001
 R.D.F.H.
 FECHA: 2014-05-17
 HOJA 11



	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

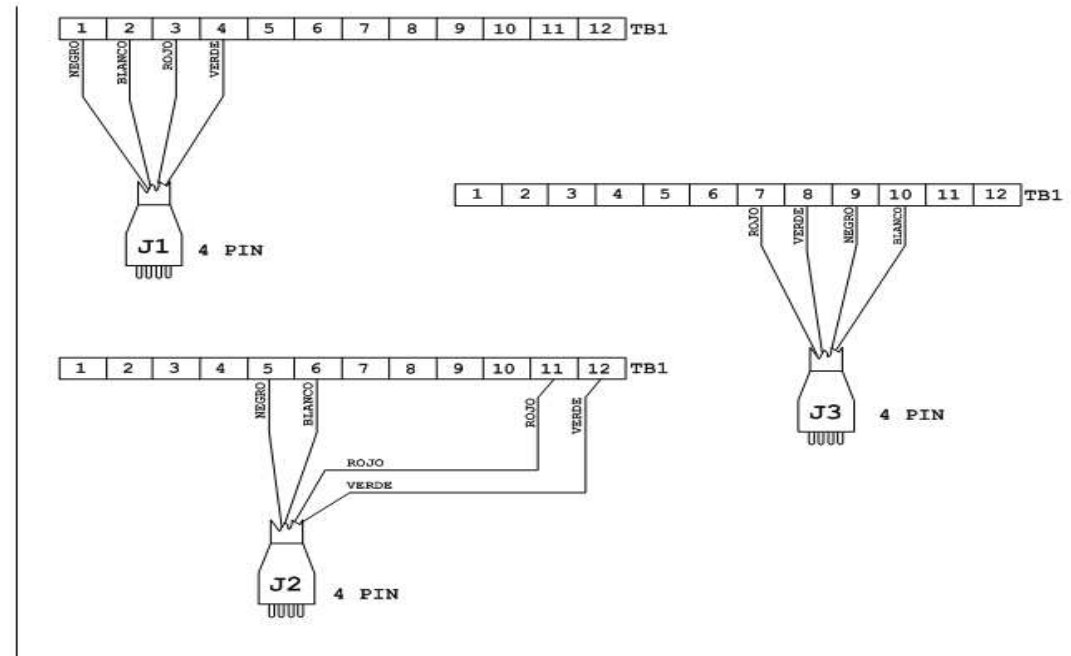
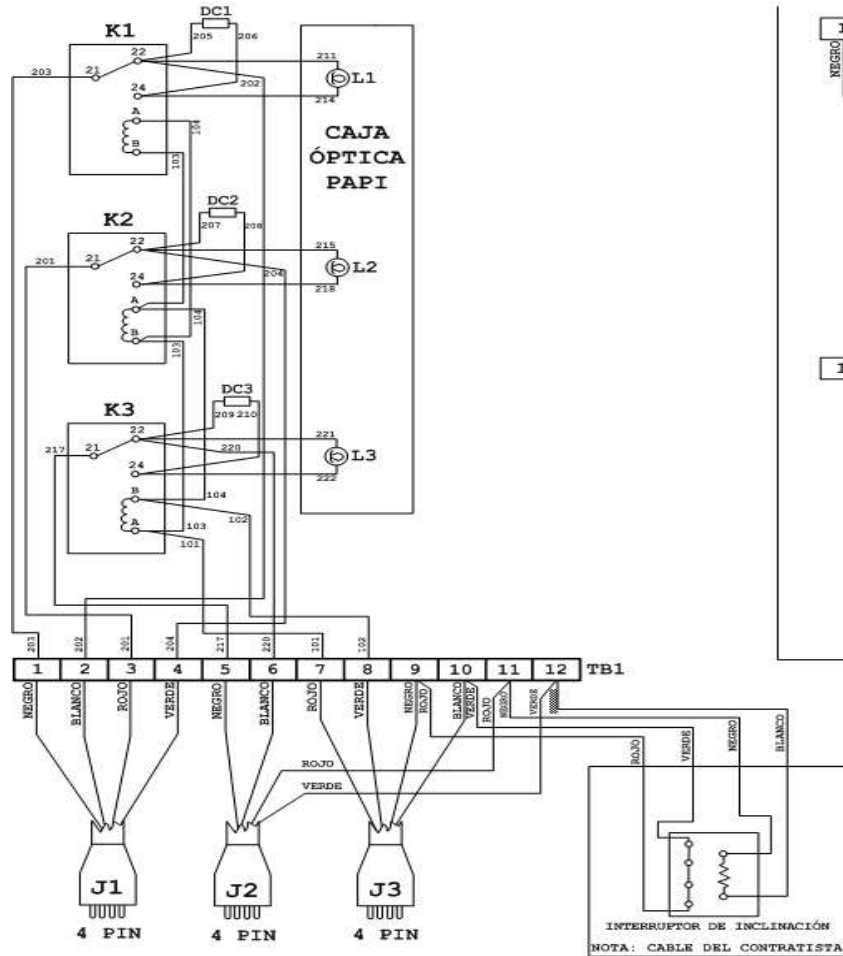
PLANO 10: Cableado interno interruptor de inclinación Esclavo

MPAPI – 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 12



NOTAS:

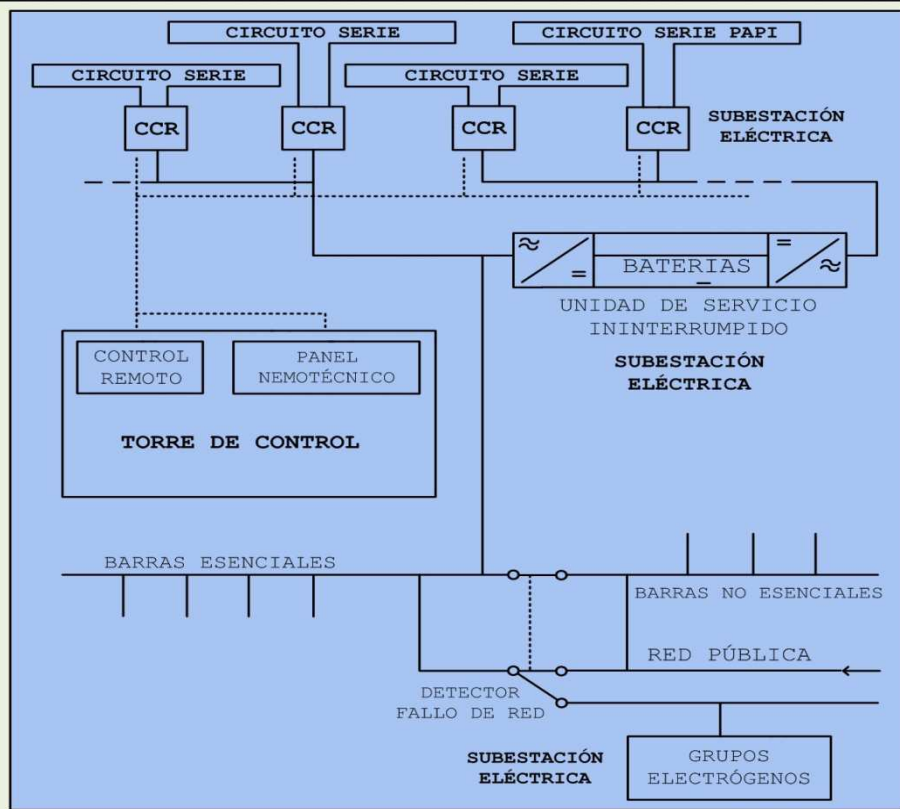
1. '100' NÚMERO DE SERIE DEL CABLE A USAR AWG 20
2. '200' NÚMERO DE SERIE DEL CABLE A USAR AWG 16
3. TODOS LOS RELÉS SE MUESTRAN DESENERGIZADOS

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



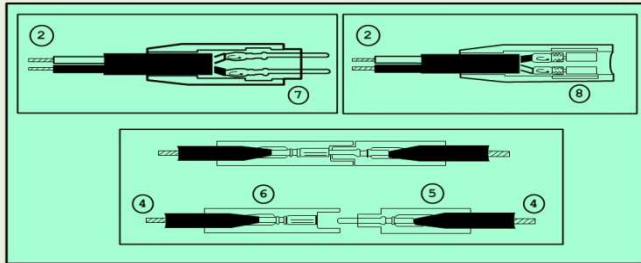
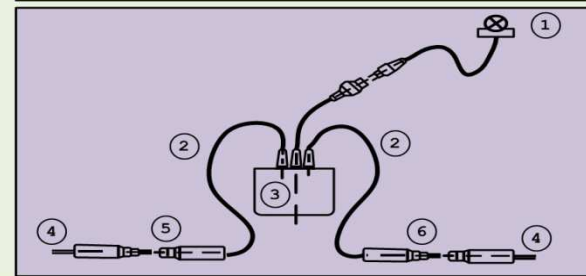
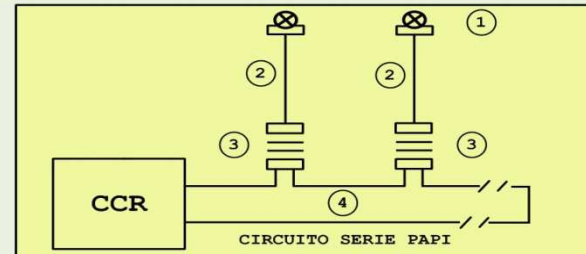
AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.
PLANO 11: Diagrama eléctrico del diseño Sistema PAPI

MPAPI – 001
 R.D.F.H.
 FECHA: 2014-05-17
 HOJA 13



SIMBOLOGÍA.-

- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DEL AEROPUERTO JUMANDY.
- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO ELÉCTRICO SISTEMA PAPI.
- CONEXIÓN DESMONTABLE DEL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.
- CONECTORES PARA CABLES PRIMARIO (ALTA TENSIÓN) Y SECUNDARIO (BAJA TENSIÓN).



DESARROLLO.-

- ① UNIDAD PAPI
- ② CABLE SECUNDARIO
- ③ TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO
- ④ CABLE PRIMARIO
- ⑤ CLAVIJA DE PRIMARIO MONTABLE
- ⑥ BASE DE PRIMARIO MONTABLE
- ⑦ CLAVIJA DE SECUNDARIO MONTABLE
- ⑧ BASE DE SECUNDARIO MONTABLE



Realizado Por:
 Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:
 Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:
 Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

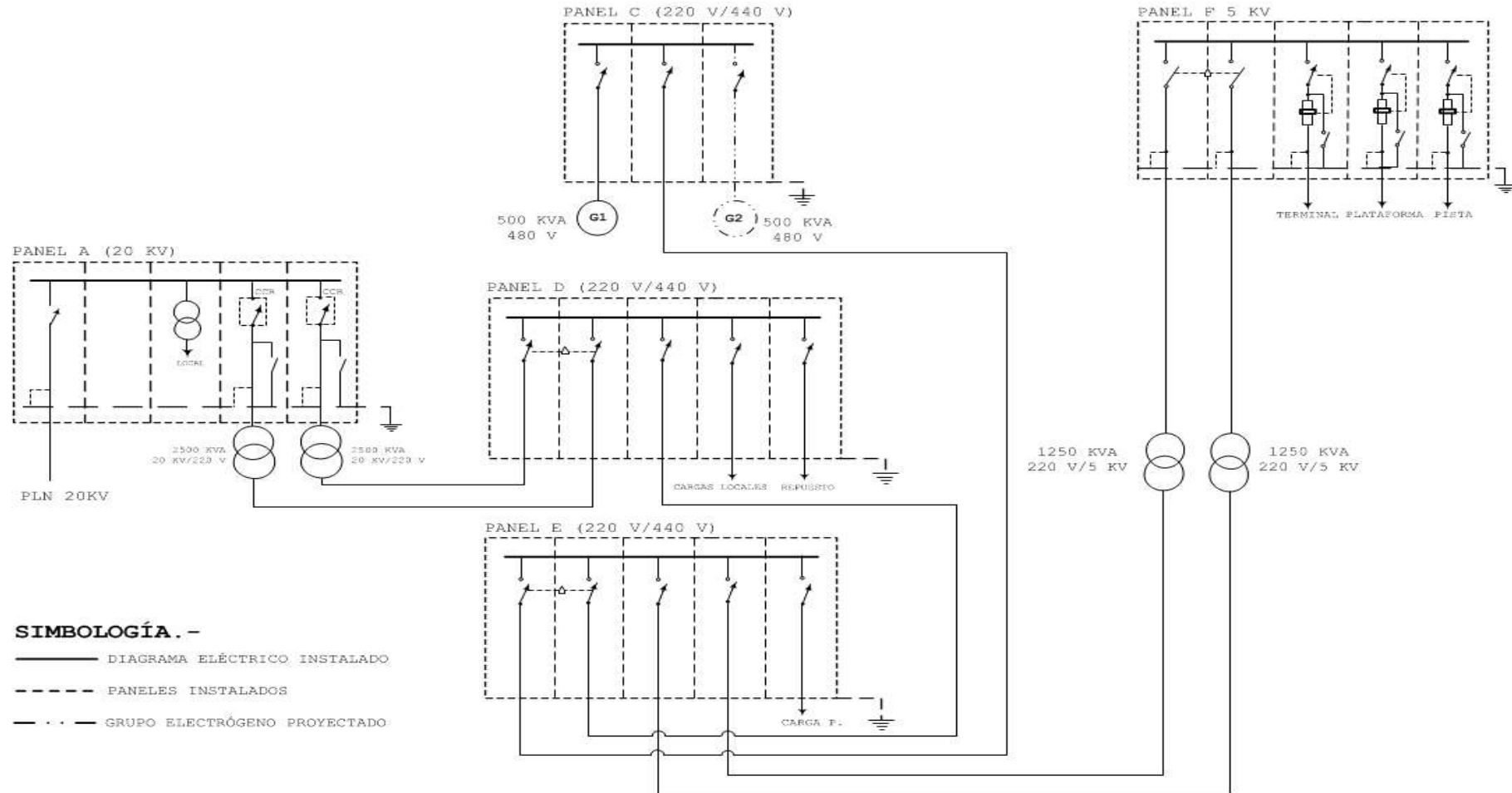
PLANO 12: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 1

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 14



	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

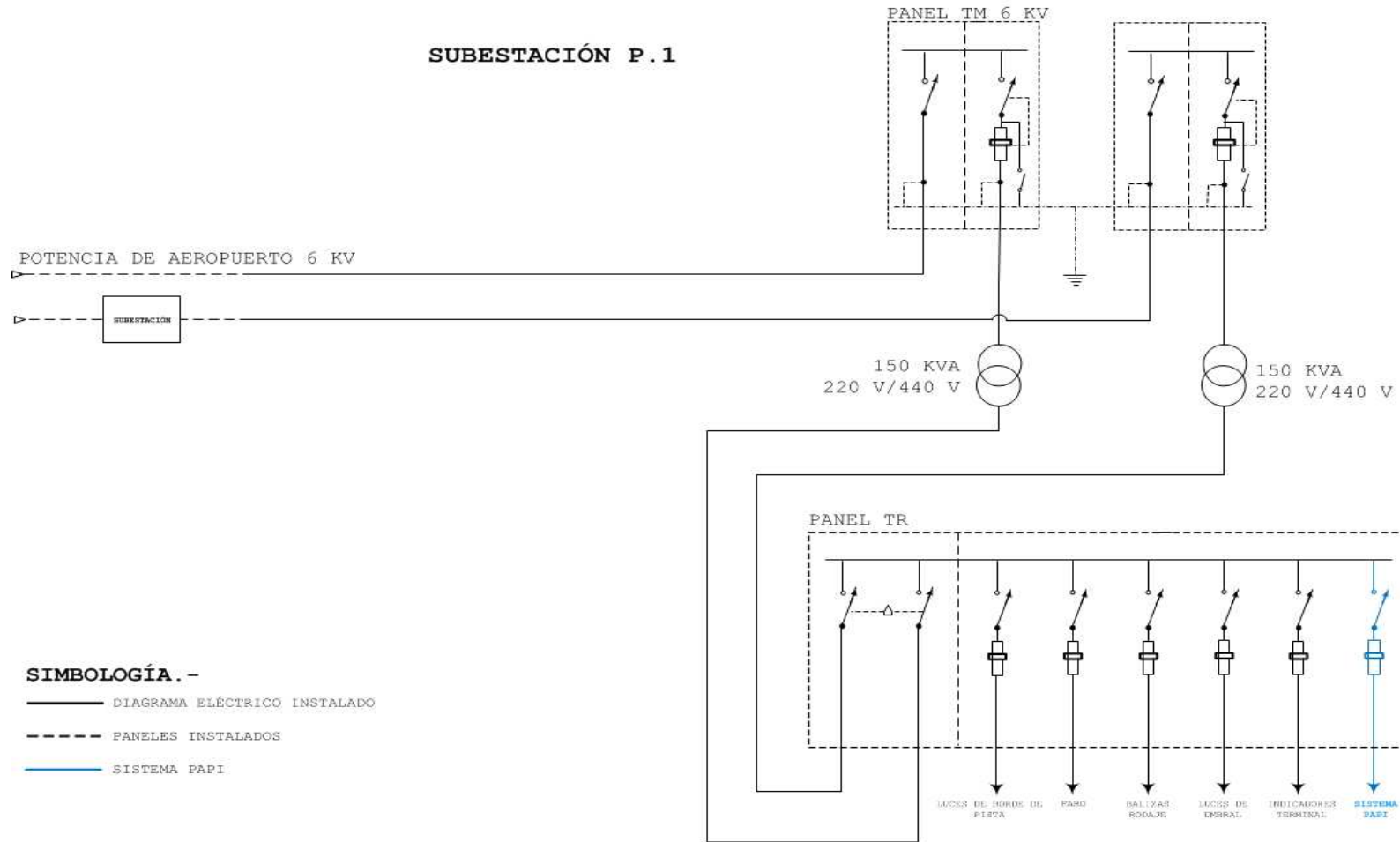
PLANO 13: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 2

MPAPI – 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 15



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

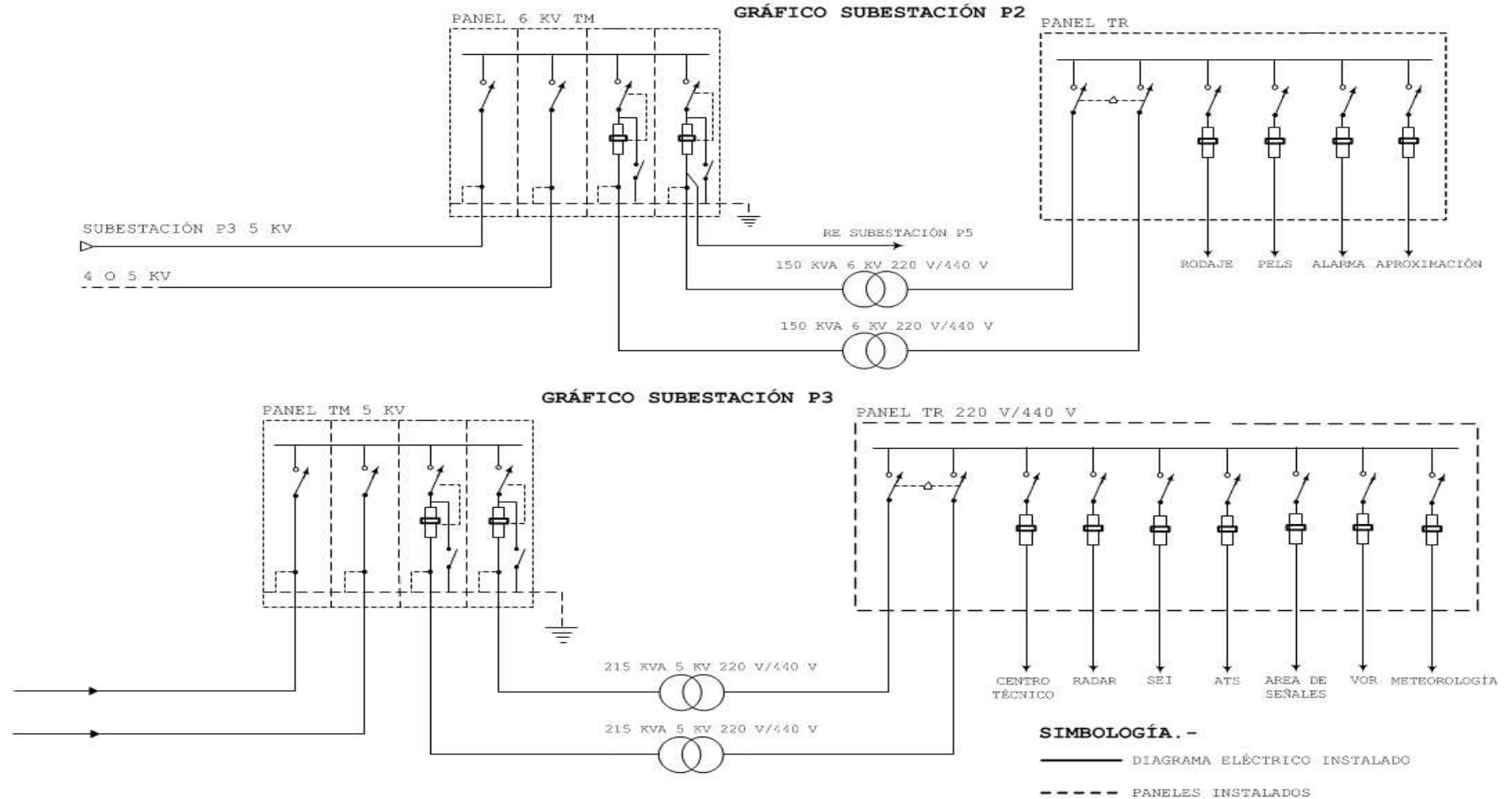
PLANO 14: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 3

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 16



Realizado Por:

Renato Falconí Hidalgo

Revisado Por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

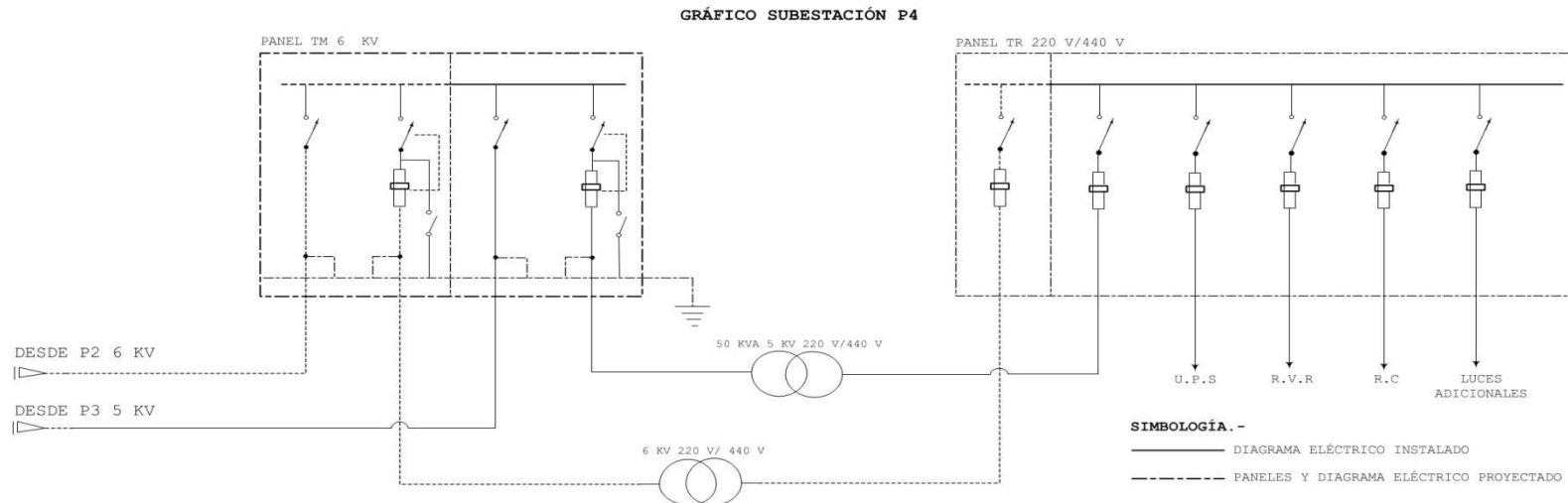
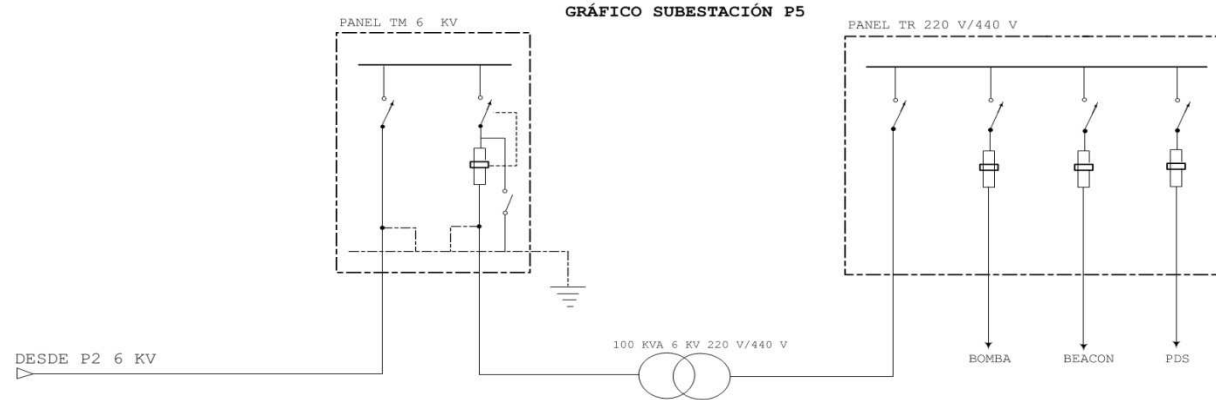
Aprobado Por:

Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.
PLANO 15: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 4

MPAPI – 001
 R.D.F.H.
 FECHA: 2014-05-17
 HOJA 17



	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

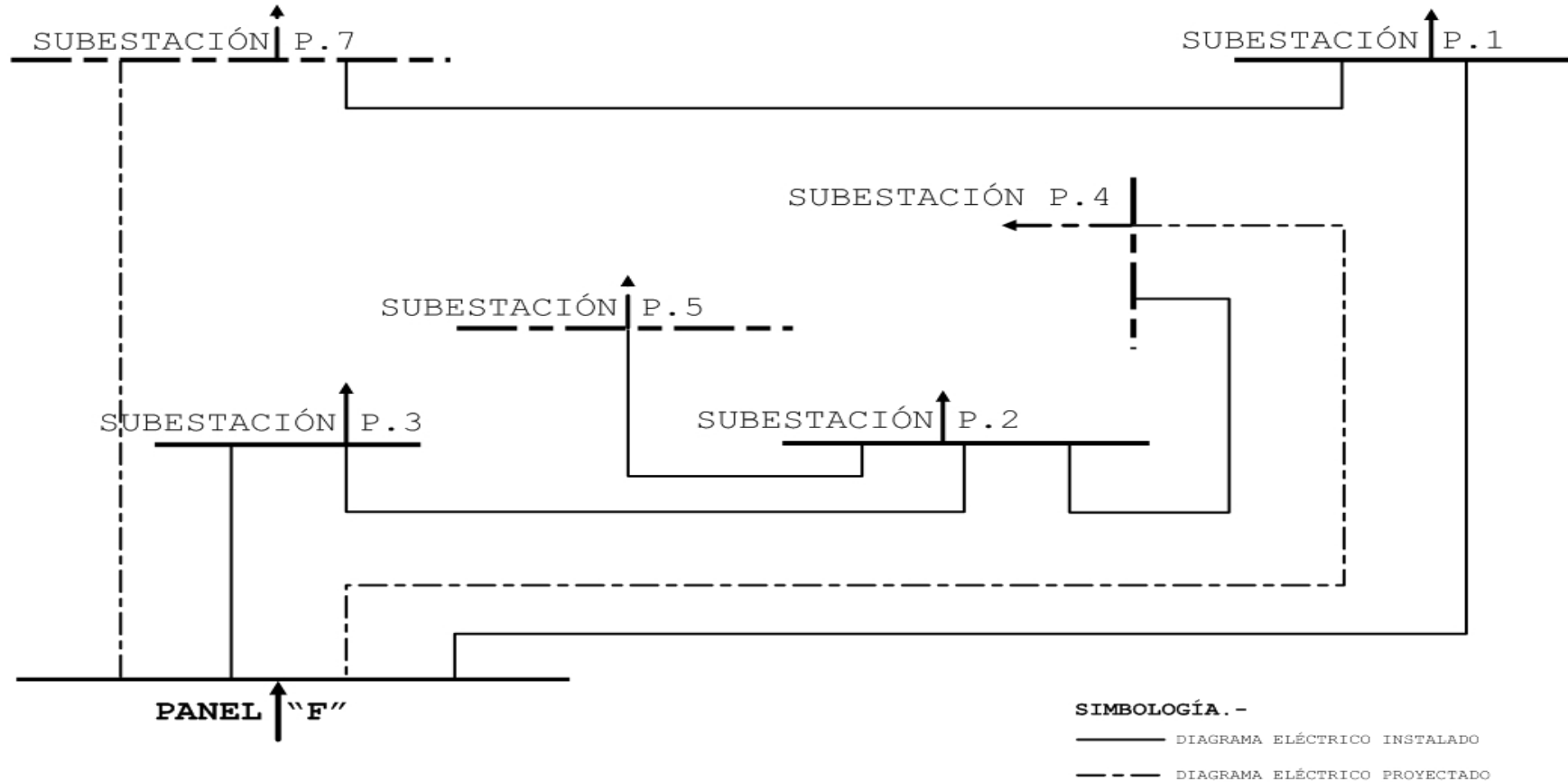
PLANO 16: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 5

MPAPI - 001

R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 18



ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN LÍNEA SIMPLE DE VOLTAJE 6 KV AEROPUERTO JUMANDY

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I.

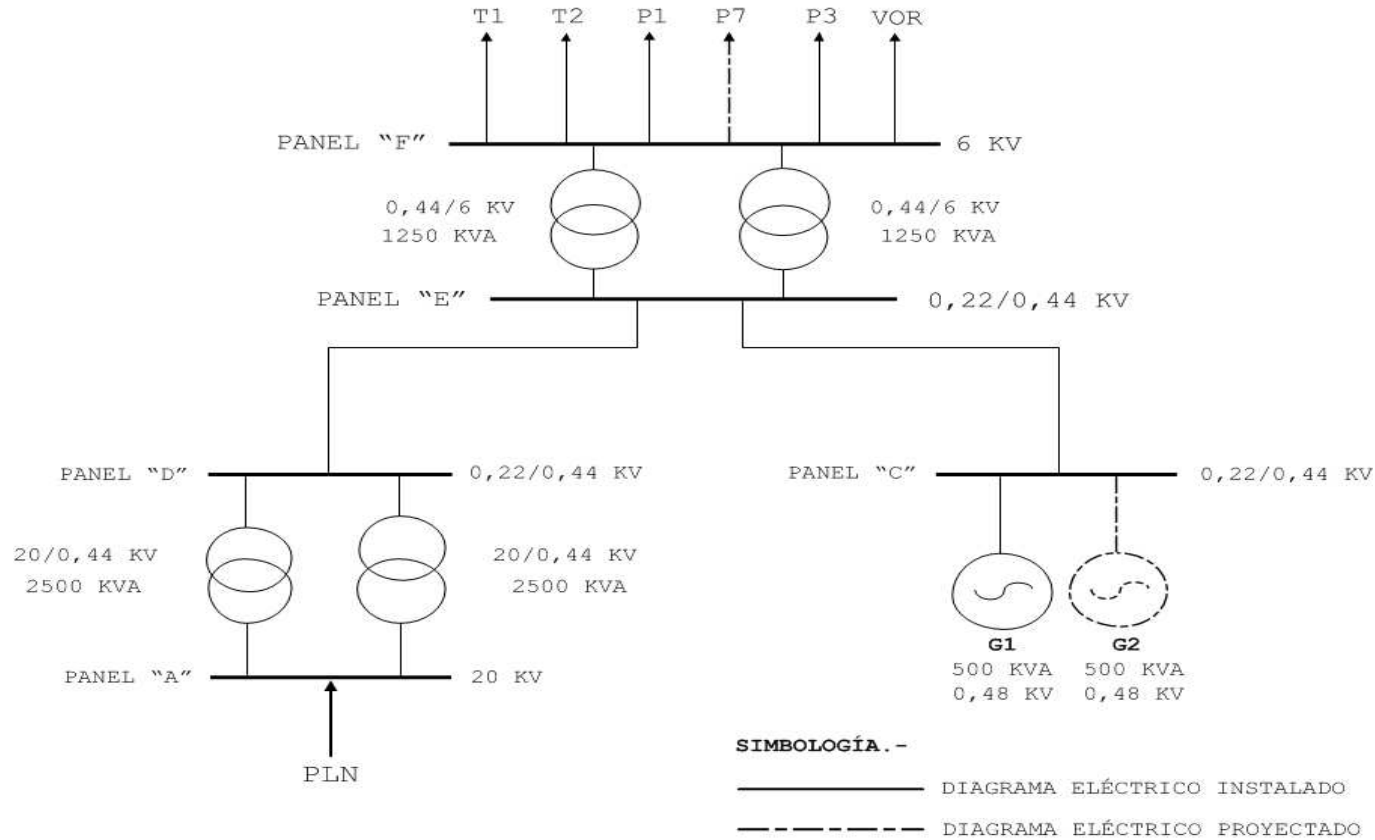
PLANO 17: Diagrama eléctrico Aeropuerto Jumandy Parte 6

MPAPI – 001


R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17

HOJA 19



ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN LÍNEA SIMPLE DE VOLTAJE AEROPUERTO JUMANDY

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY

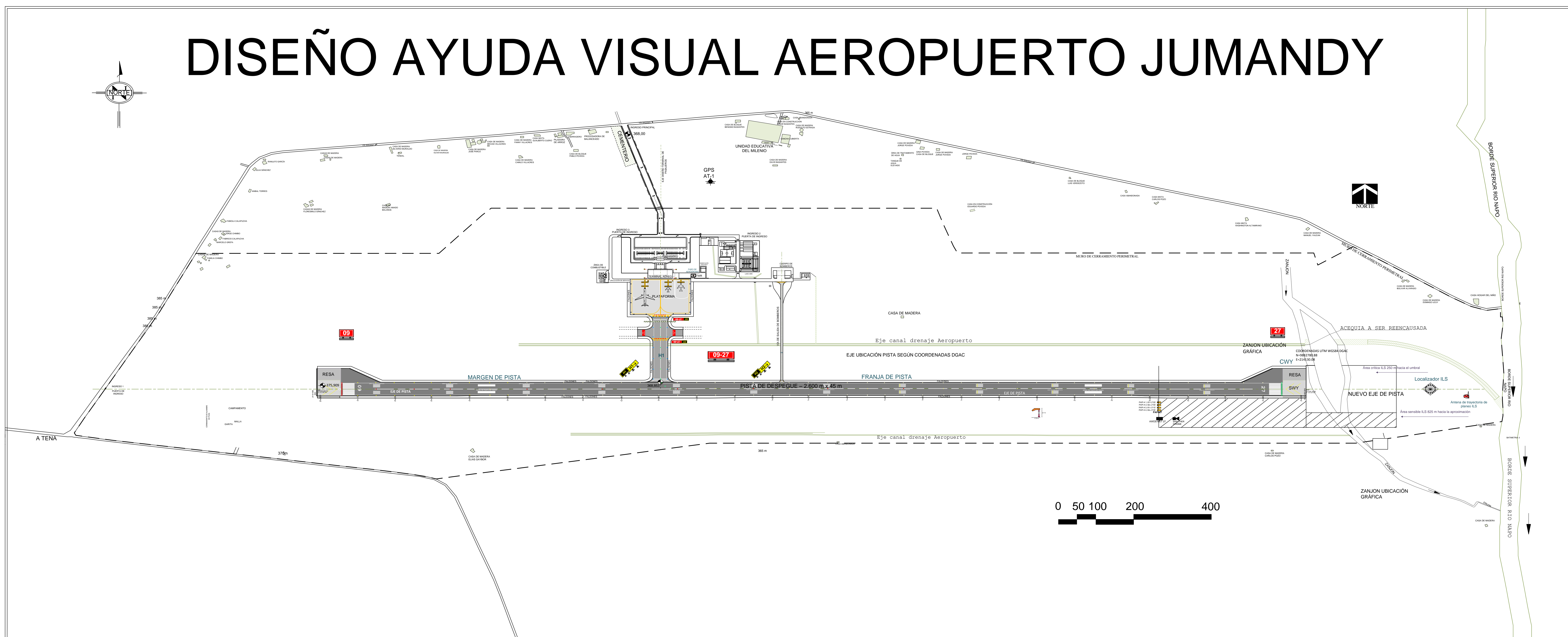
SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.PI

PLANO 18: Diseño Ayuda Visual Aeropuerto Jumandy

MPAPI - 001
R.D.F.H.

FECHA: 2014-05-17
HOJA 20

DISEÑO AYUDA VISUAL AEROPUERTO JUMANDY



SIMBOLOGÍA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN, LETREROS, SEÑALES, OTROS.-

	LUZ INDICADORA DE TERMINAL		LUZ UMBRAL DE PISTA (BARRETTE UMBRAL DE PISTA)		SEÑAL ATRAQUE DE AERONAVES FLOTA DE DISEÑO TIPO A
	FARO DE AEROPUERTO		LUZ DE BORDE DE PISTA (ÚLTIMOS 600 m ANTES DEL FINAL DE PISTA)		SEÑAL NOMBRE CALLE DE RODAJE Y DESIGNADORES DE PISTA
	BALIZA BORDE PLATAFORMA		LUZ DE BORDE DE PISTA		SEÑAL OBLIGATORIA DE PROHIBIDO EL INGRESO
	LUZ BARRA DE PARADA (BARRETTE DE PARADA)		LUZ DE TOMA DE CONTACTO		CONO DE VIENTO
	LUZ DE BORDE CALLE DE RODAJE		LUZ DE EJE DE PISTA (PRIMEROS 900 m HACIA EL FINAL DE LA PISTA)		LETRERO DESIGNADORES DE PISTA
	LUZ DE EJE CALLE DE RODAJE		LUZ DE EJE DE PISTA (ALTERNADAS DE 900 m A 300 m DEL FINAL DE PISTA)		LETRERO DESIGNADOR DE PISTA NÚMERO 27
	LUZ DE GIRO A CALLE DE RODAJE		LUZ DE EJE DE PISTA (DESDE LOS ÚLTIMOS 300 m HASTA EL FINAL DE PISTA)		LETRERO POSICIÓN Y LETRERO INFORMACIÓN CALLE DE RODAJE
	LUZ FIN DE PISTA (BARRETTE FIN DE PISTA)		UNIDAD PAPI (SISTEMA PAPI)		



Realizado por:


Renato Danilo Falconí Hidalgo

Revisado por:

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo

Aprobado por:


Ing. Juan Andino


	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01 HOJA 21
	ÍNDICE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	

ANEXO B: Estudio de Impacto Ambiental

ÍNDICE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN	210
2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN AMBIENTALES	210
3. ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO	210
4. DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	211
5. MEDIDAS AMBIENTALES PROTECTORAS Y CORRECTORAS	216
6. GESTIÓN DE RESIDUOS	220
7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	220
8. PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS	221

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	INTRODUCCIÓN - MEDIDAS DE PREVENCIÓN AMBIENTALES	

1. INTRODUCCIÓN

Existe un continuo desarrollo de la infraestructura aeroportuaria de Jumandy, para absorber el crecimiento sostenido de la demanda en servicios de aviación civil, comercial y militar. A razón de esta premisa, se ha implementado el sistema electrónico de luces Indicadoras de Precisión de Pendiente de Aproximación (P.A.P.I); por ello es importante marcar un Estudio de Impacto Ambiental.

2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN AMBIENTALES

Para la ubicación de las unidades PAPI y componentes principales, tales como: El gabinete Shelter, Regulador de Corriente Constante (RCC), transformadores de aislamiento, bases y pozos de cemento, ductos para el sistema de potencia y distribución; se delimitarán zonas acotadas con la mayor concentración espacial posible para evitar la dispersión de los objetos de ocupación.

Con anterioridad a la iniciación de la instalación, se procederá a señalizar y balizar toda la zona que vaya a verse afectada por ella. Fuera de la zona de obra, no se permitirá el paso de maquinaria, ni el depósito de materiales o residuo de ninguna clase. Se procederá al jalonamiento de la zona de instalación y camino de acceso a la obra para que la circulación de personal, equipos y maquinaria se restrinja a la zona acotada.


3. ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO


Las acciones de la implementación del sistema PAPI susceptibles de producir impacto ambiental, se detallan a continuación:

3.1. Fase de Construcción

Movimientos de Tierras:

- Excavaciones del suelo mecánicamente.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO	HOJA 23

- Descarga desde camiones, los materiales para las bases y pozos de hormigón.
- Perfilado de taludes.

Desmontajes y Reposiciones:

- Entronque de banco de tubos con galería existente a Subestación Eléctrica.

Construcción:

- Construcción de bases y pozos de hormigón, estructuras.

Tránsito de maquinaria:

- Emisión de partículas y gases a la atmósfera (CO₂, CO, NO_x, HC y SO₂) (dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, dióxido de azufre, partículas, plomo y benceno), responsables estos últimos de problemas ambientales de escala global como el efecto invernadero, la lluvia ácida o la disminución de la capa de ozono.
- Emisión de ruido y vibraciones.


3.2. Fase de Operación


Operaciones Aeronáuticas:

- Consumo de energía.

4. DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS

Se describen en este apartado las alteraciones, que las actuaciones de la implementación del sistema PAPI producen sobre los distintos elementos del medio, realizando así un diagnóstico detallado de los efectos producidos:

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	HOJA 24

4.1. Calidad química del aire

FASE DE CONSTRUCCIÓN: Son diversas las acciones necesarias para la implementación del sistema PAPI, que durante la fase de obra va a tener alguna incidencia ambiental. Entre las más significativas:

- Labores de desbroce de la vegetación.
- Los desmontes y rellenos para la alineación de rasantes.


Todas estas acciones producen un cambio en la composición química del aire que se manifiesta principalmente en el aumento de las concentraciones de partículas sólidas en suspensión (CO, NO_x, HC) y partículas procedentes de la combustión interna de los motores de las máquinas (CO₂ y SO₂).


FASE DE OPERACIÓN: En esta fase también se verá afectada la calidad del aire como consecuencia de las emisiones originadas por aeronaves en sus operaciones de aproximación, aterrizaje y despegue; además de los movimientos de éstas, en tierra. También contribuyen a este efecto ambiental, aunque en menor medida, el tráfico de los vehículos de servicio y mantenimiento del aeropuerto.

4.2. Calidad física del aire

FASE DE CONSTRUCCIÓN: La implementación del sistema PAPI ocasionará un incremento de ruidos tanto dentro, producidos por las excavaciones, funcionamiento de la maquinaria. Las molestias por ruidos durante esta etapa son pasajeras restableciéndose la situación una vez concluida la obra.

FASE DE OPERACIÓN: Los niveles sonoros están ligados a las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves en el Aeropuerto Jumandy, durante la fase de funcionamiento del sistema PAPI.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	HOJA 25

4.3. Cambios Microclimáticos

La instalación del sistema PAPI, al encontrarse en un entorno profundamente aeronáutico, propio de la infraestructura de los aeródromos; los efectos sobre esta variable ambiental serán de muy escasa intensidad.

FASE DE CONSTRUCCIÓN: Acciones tales como el desbroce de la vegetación. En este caso, el área afectada es muy pequeña, en relación a la amplia superficie del Aeropuerto Jumandy; por lo que no se esperan aumentos sensibles de variables como la temperatura.

FASE DE OPERACIÓN: El tráfico rodado de las aeronaves y los vehículos de mantenimiento son las acciones que podrían contribuir a las alteraciones microclimáticas durante el funcionamiento de la instalación PAPI; consistente en cambios de temperatura.


4.4. Geología y Geomorfología


FASE DE CONSTRUCCIÓN: Los desmontes y rellenos son las principales acciones contempladas, pues su hormigonado únicamente afecta al sustrato en la medida que oculta su exposición en superficie. Ninguno de los movimientos de tierra planteados ocasionará modificaciones en estructuras o formas geomorfológicas naturales; por lo que el impacto es nulo en este sentido.

FASE DE OPERACIÓN: No se generan impactos.

4.5. Suelo

FASE DE CONSTRUCCIÓN: La obra afecta al suelo fértil de manera que supone su eliminación o destrucción allí donde son extraídos o vertidos al ser utilizado para nivelar el terreno sobre el cual se ubicarán las unidades PAPI. Con el mismo efecto se encuentra los escombros procedentes de las excavaciones que son necesarias para la

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	HOJA 26
	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	

construcción de las bases y pozos de hormigón; así como del resto de instalaciones complementarias que van a generar residuos de muy distinta procedencia, pudiendo afectar al medio ambiente.

FASE DE OPERACIÓN: Se puede estimar que la contaminación de suelos durante esta fase, tendrá poca relevancia; a excepción de los residuos sólidos que tienen su origen frecuente, en las actividades de mantenimiento.

4.6. Hidrología


FASE DE CONSTRUCCIÓN: Durante el tiempo comprendido entre el desbroce de la vegetación y su hormigonado; la escorrentía superficial de la zona afectada aumenta, al eliminarse la contribución de este parámetro. Los aumentos de las aguas que circulan en superficie pueden generar incidencias en puntos donde antes no existía, sobre todo si se ve acompañada con el desplazamiento de suelos y rocas. No obstante, la pequeña superficie afectada por los desbroces y las características físicas de los terrenos, predominantemente llanos, conducen a que la contribución al impacto generado por esta acción, es poco importante.


FASE DE OPERACIÓN: Los efectos sobre el ciclo hidrológico producidos por los movimientos de tierra se disipan en esta fase, pues se trata de efectos momentáneos.

4.7. Vegetación y Flora

FASE DE CONSTRUCCIÓN: El impacto del sistema PAPI, sobre la vegetación se generará exclusivamente en esta fase de construcción, y se debe principalmente a dos acciones:

- a) Desbroce de la vegetación y ocupación del suelo: Implica la desaparición total de la formación vegetal y de las especies que contiene, así como de funciones ecológicas e interrelaciones de las que forma parte.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	HOJA 27

b) Movimiento de tierras, almacenamiento de materiales, el transporte de vehículos y maquinaria, carga y descarga; además, el funcionamiento de las bases y pozos de hormigón. Producen un incremento en los niveles de partículas en la atmósfera que, dependiendo de la dirección del viento se depositarán sobre la superficie foliar de las plantas del entorno, impidiendo la correcta fotosíntesis e intercambio gaseoso que repercute directamente en el metabolismo vegetal, lo cual incide en el estado sanitario de la planta y que en extremo puede ocasionar su muerte.

FASE DE OPERACIÓN: No se generan impactos.

4.8. Fauna

FASE DE CONSTRUCCIÓN: Los desbroces de la vegetación y la ocupación del espacio para acciones posteriores a ésta, como la construcción de las bases y pozos de hormigón, o instalaciones temporales como las áreas de almacenamiento de materiales, podría afectar a especies. No obstante, en ninguno de los lugares afectados directamente por la implementación del sistema PAPI; se conoce en la actualidad o existen referencias recientes de la reproducción de especies.


FASE DE OPERACIÓN: En esta fase no se espera nuevas afecciones sobre la fauna que no sean aquellas que ya operan en la actualidad referente al tráfico de aeronaves y vehículos dentro de las instalaciones.


4.9. Patrimonio Cultural

No existe patrimonio cultural alguno que pudiera verse dañado directa o indirectamente por las diferentes acciones contempladas en la implementación del sistema PAPI.

4.10. Paisaje

FASE DE CONSTRUCCIÓN: El desbroce y eliminación de la vegetación generaría cambio en la percepción de la componente natural del paisaje, que en el presente caso

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	MEDIDAS AMBIENTALES PROTECTORAS Y CORRECTORAS	

tendrá una mínima incidencia, no sólo por la escasa superficie a desbrozar, sino por el pequeño porte de la vegetación (herbácea o de matorral), sus tonalidades poco vivas y por localizarse en el interior del propio recinto aeroportuario; donde los elementos antrópicos constituyen la dominante y definitoria del campo visual. El sistema PAPI presenta similitudes evidentes con el paisaje del Aeropuerto Jumandy.

FASE DE OPERACIÓN: No se generan impactos.


5. MEDIDAS AMBIENTALES PROTECTORAS Y CORRECTORAS


Las medidas protectoras y correctoras son aquellas operaciones destinadas a evitar, reducir o compensar los impactos negativos provocados por el desarrollo del Proyecto. El presente apartado establece las medidas necesarias para reducir las afecciones producidas por la instalación del sistema PAPI, sobre el medio ambiente; se trata mayoritariamente de medidas protectoras:

5.1. Calidad química del aire

FASE DE CONSTRUCCIÓN: Para evitar o reducir la presencia de partículas en suspensión en la atmósfera, se deberán cubrir con lonas, aquellos materiales que son susceptibles de producir polvo o partículas en suspensión, especialmente si éstos son transportados y la meteorología así lo aconseja (fuerte viento). El transporte de escombros, hormigón, áridos, tierras, etc. se realizará en vehículos con la carga convenientemente cubierta con toldos, o sistema similar, con el fin de que se depositen la menor cantidad de partículas en los alrededores de la vía por donde circulen los vehículos. Igualmente, se cubrirán con toldos los acopios de materiales sueltos, especialmente si los días son ventosos.

El riego de las zonas de acopio de materiales, caminos de obra y carga de los vehículos de transporte, sólo se realizará cuando la medida de cubrición no fuese suficiente o bien las condiciones meteorológicas de fuerte viento así, lo aconsejaran.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01 HOJA 29
	MEDIDAS AMBIENTALES PROTECTORAS Y CORRECTORAS	

Los vehículos y maquinaria necesarios para la ejecución de la obra, deberán cumplir estrictamente con los programas de revisión y mantenimiento. Además, antes del comienzo de la obra, los vehículos y maquinarias deberán pasar las revisiones necesarias que certifiquen el correcto ajuste de los motores, potencia de la máquina adecuada al trabajo a realizar, correcto estado de los tubos de escape y el haber pasado la inspección técnica de vehículos en su matriculación; si fuera preciso.

FASE DE OPERACIÓN: El levantamiento de polvo provocado por la acción del viento sobre las superficies desnudas durante la obra, se aminorará iniciando su revegetación una vez que la superficie quede terminada. Con ello se reducirá el tiempo de exposición frente a la erosión eólica.

5.2. Calidad física del aire

FASE DE CONSTRUCCIÓN: El ruido generado durante la fase de construcción será controlado limitando las horas laborales a las horas diurnas, y restringiendo particularmente el horario de operación de los equipos más ruidosos. Además sólo deberá estar activa la maquinaria a emplear en cada momento.


FASE DE OPERACIÓN: No se generan impactos.


5.3. Cambios Microclimáticos

No se considera necesario el establecer ninguna medida correctora.

5.4. Geología y Geomorfología

FASE DE CONSTRUCCIÓN: Los excedentes de materiales que se produjeran por no poderse reciclar, se deberán llevar a vertedero de escombros autorizado por el Aeropuerto Jumandy y el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD), de la ciudad del Tena. El material procedente de desmonte deberá ser reutilizado en los propios

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	MEDIDAS AMBIENTALES PROTECTORAS Y CORRECTORAS	

terraplenes, salvaguardando la primera capa de 20 cm. para su reutilización. Los escombros considerados como residuos de construcción y excavación, deberán reutilizarse si fuera técnicamente viable esta opción o, en caso contrario, ser llevados a escombrera.


5.5. Suelo


FASE DE CONSTRUCCIÓN: Se deberá extraer la capa fértil del suelo con el fin de recuperarla como tierra vegetal; la recuperación de la tierra consistirá en la retirada de los horizontes superficiales del suelo. Siempre que sea posible se realizará simultáneamente con el desbroce de manera que la tierra vegetal incorpore los restos de la vegetación existente en el terreno. Se intentará no mezclar las diferentes tongadas para no diluir las propiedades de las capas más fértiles.

La tierra vegetal obtenida se deberá almacenar en montículos o cordones sin sobrepasar una altura máxima de 2 m. para evitar la pérdida de sus propiedades orgánicas y biológicas; facilitar su aireación y evitar su compactación. El mantenimiento de la tierra vegetal se programará de forma que se reduzca al máximo posible la duración del tiempo de acopio.

Una vez finalizada las obra, se repondrá el terreno a sus condiciones originales tanto topográficas como de cubierta vegetal. Se procederá a realizar un laboreo de todos los suelos compactados como consecuencia del movimiento de maquinaria y tránsito de vehículos. Este escarificado tendrá una profundidad mínima de 20 cm, salvo en las zonas más compactadas que será de 50 a 60 cm.

FASE DE OPERACIÓN: La contaminación de suelos durante la fase de operación tendrá poca relevancia por lo que no será necesario establecer ninguna medida correctora.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01 HOJA 31
	MEDIDAS AMBIENTALES PROTECTORAS Y CORRECTORAS	

5.6. Hidrología

FASE DE CONSTRUCCIÓN: Las aguas residuales generadas en las instalaciones aeroportuarias serán canalizadas a la red de depuración general del GAD de la ciudad del Tena.

FASE DE OPERACIÓN: No se considera necesario ninguna medida correctora.


5.7. Vegetación y Flora


FASE DE CONSTRUCCIÓN: Las formaciones vegetales afectadas son en su mayoría herbazales y matorrales, ambos de escaso interés conservacionista en lo que a su composición específica se refiere. En cualquier caso, la superficie a desbrozar se limitará a la mínima técnicamente posible. En el caso de que se viera afectado algún ejemplar de las especies, se deberá replantar en otro lugar o reutilizar. En el caso de la inviabilidad técnica de replantación, se compensará la pérdida con una superficie equivalente de especies similares, en otra ubicación dentro del Aeropuerto Jumandy.

Se llevará a cabo la descompactación del suelo y la reposición de especies vegetales herbáceas en toda la superficie que, en la fase final de implementación del sistema PAPI, haya resultado afectada por acciones de despeje y desbroce o por procesos de compactación del suelo.

5.8. Fauna

FASE DE CONSTRUCCIÓN: La destrucción de hábitats de interés para la fauna es baja en líneas generales ya que únicamente se verá afectada una pequeña parte de la superficie ocupada por esos hábitats en el interior del Aeropuerto Jumandy. No obstante, el ruido y la presencia humana durante la fase de construcción puede generar una importante alteración sobre la fauna por lo que se evitarán, en lo posible, las actividades más ruidosas.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	GESTIÓN DE RESIDUOS	

FASE DE OPERACIÓN: No se producirán acciones que modifiquen ni el hábitat, ni el comportamiento reproductor o alimenticio de las especies, ni las condiciones que ya operan en la actualidad referente al tráfico de aeronaves y vehículos dentro de las instalaciones; por lo que no son necesarias establecer medidas correctoras.

5.9. Patrimonio Cultural

No se prevé la aparición de restos de valor arqueológico, cultural, paleontológico o etnográfico en la zona de actuación.

6. GESTIÓN DE RESIDUOS


Para todos los residuos, se dispondrán; en el área de ubicación de la obra, unos recintos preparados para su acopio. Cada recinto tendrá bidones o contenedores para los residuos, e identificados con los pictogramas y códigos correspondientes según la legislación aplicable, sobre material impermeable para evitar derrames al suelo.


Para la gestión de los residuos que se puedan generar en la fase de construcción, se deberán cumplir todos los requisitos impuestos en la Ley de Gestión Ambiental, Título III. Instrumentos de Gestión Ambiental, Capítulos I y II; del Ministerio del Ambiente de Ecuador.

7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El ámbito de aplicación del Programa será el señalado en el presente Estudio de Impacto Ambiental y corresponde al área afectada por la implementación del sistema PAPI en las fases de construcción y operación. El objetivo del Programa se centra en verificar el cumplimiento de las medidas y condiciones ambientales, así como en controlar la evolución ambiental, esto se concreta con las siguientes obligaciones:

- Comprobar que durante la implementación del sistema PAPI, se cumplen las especificaciones, medio ambientales; de forma correcta.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01 HOJA 33
	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL – PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS	

- Comprobar que las medidas correctoras y protectoras propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental, se ejecuten correctamente; además de vigilar la aparición de impactos no previstos.

7.1. Emisión de informes

Durante el periodo de implementación del sistema PAPI se emitirán informes periódicos con carácter mensual, en el que se indicarán los resultados de las inspecciones realizadas, referentes a los siguientes aspectos:


- Ejecución de medidas correctoras de protección de suelo, vegetación, etc.
- Aparición de impactos imprevistos y reposición de servicios afectados.


8. PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS

Tabla 4.68: Presupuesto de las medidas correctoras

MEDIDAS CORRECTORAS				
Concepto	Definición	Medición <i>m</i>²	Precio (hora)	Coste total (\$)
Recuperación tierra vegetal	Extraer la capa fértil del suelo con medios mecánicos, acopio y mantenimiento.	61,7	45,00	45,00
Labores en suelos compactados	Subsolado a una profundidad mínima de 50 cm. en las zonas compactadas como resultado de la obra.	61,7	10,00	10,00
Replantación	Afección a las especies protegidas, labores de trasplante.	61,7	15,00	15,0
TOTAL				70,26

Fuente. Aeropuerto Jumandy. Sistema electrónico de luces PAPI.
Elaborado por. Renato Falconí


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino


	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	ÍNDICE DE MANTENIMIENTO	

ANEXO C: Manual de Mantenimiento

ÍNDICE DE MANTENIMIENTO

1. INTRODUCCIÓN	223
2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	223
3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	232

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	INTRODUCCIÓN – MANTENIMIENTO PREVENTIVO	HOJA 35

1. INTRODUCCIÓN

Este apartado establece las normas mínimas que deben ser aplicadas en el mantenimiento del sistema PAPI, sin contravenir las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, y otras instrucciones establecidas por el Administrador del Aeropuerto Jumandy y la DGAC. Para garantizar un alto nivel de confiabilidad en el funcionamiento del sistema PAPI.


2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO


Este apartado describe el programa de mantenimiento preventivo que debe realizar el personal respectivo, del Aeropuerto Jumandy; para las instalaciones y equipos del sistema PAPI. Contiene la inspección preventiva para cada subsistema importante, con las instrucciones paso a paso que se deben realizar.

2.1. Subestación Eléctrica

Inspecciones diarias:

- a) Comprobar la operación de todos los controles. Si el aeródromo está equipado con un sistema de mando por computador, verificar su operación.
- b) Medir el voltaje de entrada a la subestación permanentemente durante el día y la noche considerando que la demanda de la energía en la red comercial varía durante el día.
- c) Registrar el voltaje de entrada de cada fase para referencia futura.
- d) El Administrador del Aeropuerto Jumandy debe contactar a la empresa que suministra la energía eléctrica primaria, cuando esta se encuentre fuera de tolerancia; para la corrección del problema.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	HOJA 36

Inspecciones semanales:


- a) *Limpieza.* Barrer hacia fuera la subestación y los gabinetes o shelter's. Mantener libre de polvo, suciedad, arena, telarañas, insectos, etc.
- b) *Humedad.* Comprobar físicamente la presencia de rastros de humedad. Si existe un drenaje en el piso, verificar su correcto funcionamiento, ante la presencia de humedad en el piso, esta debe ser absorbida.
- c) *Aires Acondicionados.* Comprobar el correcto funcionamiento de los aires acondicionados. Reparar o remplazar cualquier parte defectuosa, cuando sea necesario, debido a su importancia para el buen funcionamiento de los sistemas instalados dentro de la subestación.
- d) *Almacenaje.* Comprobar la subestación para verificar su correcto uso, evitar almacenar los elementos de recambios, trapos, etc., cerca del equipo de alto voltaje.


Inspecciones mensuales:

- a) Probar el nivel de resistencia de aislamiento, de los circuitos eléctricos, prestar especial atención a la ejecución de verificaciones regulares en los circuitos del sistema PAPI para la operación confiable del mismo.
- b) Realizar verificaciones semanales si los circuitos fallan. Las lecturas de la prueba pueden variar por las condiciones de medición, humedad y horario en que se realizó.
- c) Realizar las lecturas después que los circuitos hayan sido desenergizados por varias horas.

NOTA: Registrar la medición según el formato propuesto en el APÉNDICE N°1: SISTEMA PAPI - RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

- d) El personal responsable del mantenimiento realizará una medición de la resistencia de puesta a tierra, con un probador de resistencia de puesta a tierra. Se deberán registrar las lecturas obtenidas y comparar con las lecturas anteriores para detectar si

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01 HOJA 37
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	

existe deterioro en el sistema de puesta a tierra. Se considerarán valores de la resistencia, aceptables, un valor de 5 a 10 ohms. Si el valor de la resistencia es mayor de 25 ohms, debe tomarse acción inmediata para reducir la resistencia. En la Tabla 4.69, se presentan valores para circuitos según su longitud y valores satisfactorios de resistencia.

Tabla 4.69: Sistema de mantenimiento para los circuitos de pista


Longitud estimada de los circuitos (m)	Mínima resistencia a tierra (MΩ)
3.048 o menor	50
3.048 a 6.096	40
1.96 mayor	30


Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por. Renato Falconí

Inspecciones semestrales:

- a) Examinar los Interruptores, brakers de protección, los interruptores de selección del circuito, y los paneles auxiliares de los interruptores de la Subestación. Comprobar la operación de estos dispositivos, limpiar los contactos y sustituir las piezas inútiles.
- b) Comprobar la operación y conexiones eléctricas de los fusibles de alto voltaje. Reemplazar los fusibles con acoples reemplazables cuando fallen, sustituirlos por acoples manufacturados especialmente con este fin.
- c) Comprobar la operación de los interruptores principales.
- d) Comprobar la operación de los interruptores de la transferencia de la energía, verificando los contactos por suciedad o corrosión.
- e) Comprobar la operación del panel de control. Limpiar los contactos y verificar que las conexiones eléctricas se encuentren en buenas condiciones. Limpiar el interior del panel cuidadosamente. Si el sistema es automático, examinar y limpiar los filtros de

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino


	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	

aire asociados a los ventiladores de las computadoras y sistemas de energía interrumpida o UPS.


- f) Comprobar si existen muestras de áreas quemadas en los pararrayos. Examinar los pararrayos por daños después de cada tormenta con relámpagos en el área.
- g) Examinar los artículos misceláneos de la subestación, tales como iluminación interior, interruptores, etc. Verificar que estén limpios y las conexiones ajustadas. Examinar el equipo, extintores y cartelera de seguridad industrial.

Inspecciones anuales:

- a) Realizar las pruebas dieléctricas en los reguladores de corriente constante, y transformadores; comprobar la condición de la pintura en el equipo y la subestación. Repintar cuando sea necesario.


	<p>PRECAUCIÓN: El Administrador del Aeropuerto debe asegurar el estado de la subestación, evitar la presencia de personal no autorizado en esta área del aeródromo, excepto durante el mantenimiento.</p>
---	--


NOTA: Consultar el APÉNDICE N°2: INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

	<p>ADVERTENCIA: Verificar el estado de las señales de peligro de alto voltaje y su localización apropiada.</p>
---	---

2.2. Regulador de Corriente Constante (RCC) del circuito serie

El Administrador del Aeropuerto Jumandy para el mantenimiento de los reguladores (RCC), debe utilizar la literatura del fabricante y los procedimientos de mantenimiento incluidos en este manual. Los reguladores (RCC) son esenciales para el funcionamiento

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	HOJA 39

del sistema PAPI. Se debe garantizar los repuestos para atender las fallas comunes en los componentes de los reguladores.

Inspecciones diarias:

- a) Comprobar la operación apropiada del equipo de control.
- b) Comprobar la operación apropiada del sistema controlado por computadora.

Inspecciones semanales:


- a) Inspeccionar cada regulador (RCC) por lo menos una vez por semana realizando una limpieza y verificación de la condición general.
- b) La inspección se debe realizar cuando los circuitos están en funcionamiento para identificar ruidos u olor inusual que permita descubrir algún problema con un regulador (RCC).


Inspecciones mensuales:

- a) Comprobar y registrar el voltaje y la corriente de entrada.
- b) Si el voltaje no se encuentra dentro del $\pm 5\%$ del voltaje de diseño, se debe solicitar a la empresa de energía, la corrección del voltaje de entrada o verificar una posible causa.
- c) Comprobar y registrar la corriente de salida de cada regulador (RCC) por nivel de brillo y tolerancias. Si algún parámetro se encuentra fuera de tolerancia realizar los ajustes necesarios sobre el regulador (RCC).

Inspecciones semestrales:

- a) Inspeccionar la unidad RCC por sobrecargas, recalentamiento, falla en la corriente clasificada (6.6 A o 20 A), falla en el ajuste máximo de brillo, o comportamiento errático cuando se encuentra funcionando con una carga transitoria.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01 HOJA 40
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	

- b) Examinar visualmente el regulador (RCC) por conexiones flojas o recalentamiento. Considerar que existen conexiones que deben ser examinadas pero no son fácilmente visibles y se requiere la apertura del panel de acceso frontal del regulador (RCC), para lo cual debe estar desenergizado.
- c) Inspeccionar componentes que muestren decoloración por recalentamiento o una conexión floja.
- d) Comprobar físicamente las conexiones para verificar su firmeza.

Inspecciones anuales:


- a) Seguir el procedimiento según lo indica el manual del mantenimiento del equipo y/o las recomendaciones para verificación anual del fabricante.
- b) Realizar la medición de la corriente conforme a la Tabla 4.70.


Tabla 4.70: RCC corriente de circuitos

Parámetro	Norma	Tolerancia/Límite Inicial	Tolerancia/Límite Operación
Regulador de corriente constante	Corriente del circuito	Amperios	Amperios
3 Pasos, 6.6 A	6.6	6.40 – 6.70	Corriente igual a la inicial
	5.5	5.33 – 5.67	
	4.8	4.66 – 4.94	
5 Pasos, 6.6 A	6.6	6.40 – 6.70	Corriente igual a la inicial
	5.2	5.04 – 5.36	
	4.1	3.98 – 4.22	
	3.4	3.30 – 3.50	
	2.8	2.72 – 2.88	

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2].
Elaborado por. Renato Falconí

NOTA: La frecuencia de las inspecciones de mantenimiento se encuentra en el Apéndice N°3: INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO REGULADOR DE CORRIENTE CONSTANTE (RCC).

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	HOJA 41


2.3. Sistemas de Luces Indicadores de Precisión de Pendiente de Aproximación (PAPI)


Inspecciones diarias:

- a) El operador debe inspeccionar y verificar que todas las lámparas están operando correctamente y con igual brillo.
- b) Siempre debe disponer lámparas de repuesto adecuadas disponibles para permitir un reemplazo completo y rápido.

Inspecciones mensuales:

- a) Comprobar la operación de controles, incluyendo el sistema de control de brillo y los comandos desde la TWR.
- b) Retirar toda la maleza alrededor del equipo.
- c) Limpiar las lámparas y filtros.
- d) Comprobar visualmente las piezas mecánicas para saber si requieren limpieza; hágalo con las conexiones, aisladores, lámparas o los filtros, buscando defectos.
- e) Comprobar el sistema de puesta a tierra.
- f) Comprobar las cajas que contienen las lámparas para verificar cualquier daño o la presencia de agua, roedores, pájaros u otros animales, limpie perfectamente y repare.
- g) Comprobar para saber si hay madrigueras u otras muestras de la actividad de animales o roedores en la vecindad de los cables y tome las medidas para mitigar su presencia y reducir al mínimo, la probabilidad de un daño al cable.
- h) Medir y registrar, en especial; el voltaje de salida y el voltaje de entrada al transformador.
- i) Comprobar la alineación horizontal y lateral de las cajas, y el ángulo vertical de las PAPI con el instrumento apropiado. Comprobar el ángulo con frecuencia, en caso de un cambio notifique inmediatamente a los servicios de control de tránsito aéreo y comprobar la nivelación.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	HOJA 42


Inspecciones Semestrales:

- a) Comprobar el área libre de obstáculos, para saber si hay crecimiento de árboles, nuevas torres, líneas de energía, o de otros obstáculos.
- b) Comprobar el aislamiento de los cables subterráneos y registre los resultados, así como la resistencia del sistema a tierra.

NOTA: Consulte el APÉNDICE N° 4: INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMA PAPI

2.4. Requerimientos mínimos para el mantenimiento

El sistema de mantenimiento preventivo utilizado para el PAPI, deberá confirmar que todas las lámparas están encendidas y son de igual intensidad, limpieza de los vidrios difusores, filtros y reglaje en elevación (ángulo vertical) de los dispositivos o de las unidades conforme a la Tabla 4.71.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino



	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	


Tabla 4.71: Sistema de Mantenimiento para PAPI

Parámetro	Norma	Tolerancia/Límite Inicial	Tolerancia/Límite de Operación
ALINEACIÓN VERTICAL			
Unidad D (cerca de la pista)	2°25'	±2 minutos	±6 minutos
Unidad C (segunda desde la pista)	2°45'	±2 minutos	±6 minutos
Unidad B (tercera desde la pista)	3°15'	±2 minutos	±6 minutos
Unidad A (la más lejana desde la pista)	3°35'	±2 minutos	±6 minutos
LÁMPARAS			
PAPI	Todas encendidas	Todas encendidas	No más que una lámpara fuera de servicio por caja
ALINEACIÓN HORIZONTAL			
PAPI	Paralelo al eje de pista	±1/2 grado	±1/2 grado
CORRIENTE DE LA LÁMPARA			
PAPI	Corriente nominal de la lámpara	Igual a la corriente del RCC usado	
Regulador de corriente constante	Corriente del circuito	Amperios	Amperios
3 pasos, 6.6 A	6.6	6.40 – 6.70	Corriente igual a la inicial
	5.5	5.33 – 5.67	
	4.8	4.66 – 4.94	
5 Pasos, 6.6 A	6.6	6.40 – 6.70	Corriente igual a la inicial
	5.2	5.04 – 5.36	
	4.1	3.98 – 4.22	
	3.4	3.30 – 3.50	
	2.8	2.72 – 2.88	
VOLTAJE DE LA LÁMPARA			
PAPI	Voltaje nominal de la lámpara	±3 %	±5 %
OBSTÁCULOS DEBIDO A VEGETACIÓN			
PAPI	Ninguna obstrucción	Ninguna obstrucción	Ninguna obstrucción

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por. Renato Falconí

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	HOJA 44
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	


3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

A continuación, consulte los procedimientos de mantenimiento correctivo:


3.1. Sustitución de la lámpara


Para sustituir una lámpara, realice el siguiente procedimiento:

- a) Apague el RCC que alimenta el sistema PAPI.
- b) Desenergizar el circuito mediante la colocación de S1 en OFF y gire el circuito de interrupción automática CB1 a OFF.
- c) Retire el Slip-On eléctrico adecuado en la lámpara quemada, pivotar hacia el tenedor de resorte y retirar la lámpara del reflector.
- d) Contrario al literal (c) para instalar una nueva lámpara.
- e) Orientar la lámpara para que coincida con las ranuras de índice en la base de la lámpara con las pestañas de índice en el portalámparas (una pestaña/ranura cuadrada, la otra pestaña/ranura circular). Sostenga la lámpara en su lugar mediante la colocación de la pinza de resorte en forma de horquilla sobre la base de la lámpara y la pinza de bloqueo de resorte en su lugar al adherirse pinza de resorte en forma de horquilla detrás de las orejas de bloqueo ubicadas en el costado del portalámparas.

	<p>PRECAUCIÓN: Use guantes de algodón al manipular las lámparas. Si toca la bombilla de cristal con los dedos puede acortar la vida de la lámpara. Si la bombilla se ha tocado, límpiela cuidadosamente con un pañuelo de limpieza de lentes o material similar humedecido con alcohol isopropílico.</p>
---	---

NOTA: Se recomienda que un reemplazo sistemático de todas las lámparas se haga después de un período de servicio de aproximadamente 800 horas en el nivel de brillo del 100%. Una grabadora de tiempo transcurrido conectada al RCC puede ser utilizada para determinar el tiempo para el reemplazo.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	HOJA 45

3.2. Sustitución de la lente de objetivo

Cada vez que una lente de objetivo esté dañada, la unidad de luces PAPI debe ser devuelto a la fábrica para su reparación y ajuste.


3.3. Sustitución de los filtros

Los filtros deben estar perfectamente limpios. Utilice un paño suave de algodón humedecido con alcohol para limpiar los filtros, y use guantes de algodón para manipularlos.


NOTA: Al limpiar los filtros, asegúrese de que cada filtro se retorna al mismo soporte del filtro del que se retiró.


Cada filtro se mantiene en su lugar en el soporte del filtro por dos resortes. Para remover o reemplazar un filtro, realice el siguiente procedimiento:


- a) Remueva los dos resortes utilizando unos alicates pequeños.
- b) Soltar el extremo inferior de cada resorte desde el agujero en el panel y tire hacia arriba en el otro extremo del resorte para remover.
- c) Remueva el filtro deslizándolo hacia arriba del soporte.
- d) Para volver a instalar el filtro, revertir los pasos de extracción. El filtro debe estar instalado en el soporte de manera que el borde inferior del filtro se ha reducido.

	<p>ADVERTENCIA: Llevar gafas protectoras. El incumplimiento puede resultar en lesiones graves.</p>
---	---


NOTA: Prenda el RCC; las lámparas en todas las unidades de iluminación ya deben estar encendidas.

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	HOJA 46
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	

	<p>PRECAUCIÓN: No mire directamente a la parte delantera de la unidad de iluminación porque el rayo de luz es muy intenso.</p>
---	---

3.4. Solución de problemas frecuentes

	<p>ADVERTENCIA: Únicamente personal especializado para llevar a cabo las siguientes tareas. Observe y siga las instrucciones de seguridad contenidas en este apartado.</p>
---	---

NOTA: Muchos problemas suscitados en el Sistema Electrónico de Luces PAPI, están ligados a la limpieza efectiva de las lentes de objetivo, las condiciones meteorológicas y el polvo generado en el aterrizaje que difumina su regularidad. La Tabla 4.72 y la Tabla 4.73 muestran la solución de problemas graves y básicos respectivamente.



	<p>ADVERTENCIA: Desenergice el circuito y bloquee el circuito o el regulador de modo que el circuito no puede ser activado por medios remotos antes de intentar reparar el aparato.</p>
---	--

Tabla 4.72: Solución de problemas graves PAPI L-880

Problema	Causa posible	Solución
Lámpara 'fundida'	<ul style="list-style-type: none"> Excesiva humedad, frío o alta temperatura, vida útil consumida. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccione la lámpara (si una de las lámparas se funde, no apagará la otra lámpara).
Lámpara todavía no se enciende	<ul style="list-style-type: none"> Mala manipulación de la lámpara, lámpara obsoleta desde la fábrica, resistor del calentador quemado. 	<ul style="list-style-type: none"> Cause un corto temporal en el TB1B, R1-1 y el R1-2, después en el R2-1 y en el R2-2. Mientras cada uno esté siendo examinado, si la lámpara que falla se enciende, el resistor del calentador debe haber fallado. Compruebe resistencia de 0.5 (ohm), reemplace si es necesario.

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por. Renato Falconí

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino


	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	ANEXOS	
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	


Tabla 4.73: Solución de problemas básicos PAPI L-880


Problema	Causa posible	Solución
Todas las lámparas apagadas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inclinación de las cajas PAPI. ▪ Interruptor de inclinación no está nivelado. ▪ Entrada de energía. ▪ Todas las lámparas fallaron. ▪ Tiempo de retardo PCB2 en el máster fallado. ▪ +24 VDC PCB1 en el máster fallado. 	<ul style="list-style-type: none"> – Vuelva a alinear las cajas PAPI. – Vuelva a alinear el interruptor de inclinación. – Repare o reemplace el cable suelto o roto. – Sustituir las lámparas. Compruebe la salida el nivel de corriente. Calibrar, si es necesario. – Reemplace PCB2. – Reemplace PCB1.
Lámpara(s) obscurecida(s)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubierta de lente sucio. ▪ Lámpara no está instalada correctamente en el reflector. ▪ Nivel de corriente demasiado bajo. ▪ Las lentes están alineadas incorrectamente. ▪ Unidad incorrectamente alineada. 	<ul style="list-style-type: none"> – Limpiar con un paño de algodón humedecido con alcohol. – Re-aseñar la lámpara en el reflector. Reemplace el porta lámparas, si es necesario. – Calibrar, si es necesario. – Reemplace las lentes si están flojas en el anillo. – Utilice la barra de comprobación para verificar la alineación.
Corta vida útil de la lámpara	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El nivel de corriente es demasiado alto. 	<ul style="list-style-type: none"> – Compruebe la salida del nivel de corriente. Calibrar, si es necesario.
Alineación de la Unidad de iluminación. Circuitos no alineados del interruptor de inclinación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interruptores de inclinación incorrectamente cableados. 	<ul style="list-style-type: none"> – Cableado correcto. – Las bases no están estables. – La herramienta de montar no está sujeta. Examine las tuercas en los enganches frangibles, los cerrojos y las tuercas en la unidad de iluminación.

Fuente. Anexo 14-Aeródromos. [2].

Elaborado por. Renato Falconí


La mayoría de procedimientos detallados en este Manual de Mantenimiento del sistema PAPI, le ayudarán a ubicar y corregir los problemas frecuentes; suponiendo que todos los cables de interconexión estén bien y que los interruptores inclinados estén alineados y tengan continuidad.


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	FOTOGRAFÍAS	HOJA 48

ANEXO D: Fotografías sistema electrónico de luces PAPI


UNIDADES PAPI	
	
<p>Foto 1: <u>UNIDAD PAPI FUERA DE SU CONTENEDOR</u></p>	<p>Foto 2: <u>PIERNAS DE ANCLAJE DE LA UNIDAD PAPI</u></p>
	
<p>Foto 3: <u>BRIDAS BASE</u></p>	<p>Foto 4: <u>UNIDAD PAPI Y SUS COMPONENTES</u></p>
	
<p>Foto 5: <u>CABLE PARA CONEXIÓN DE LAS LÁMPARAS</u></p>	


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	FOTOGRAFÍAS	HOJA 49






COMPONENTES DEL SISTEMA PAPI


COMPONENTES SISTEMA PAPI	
	
<p>Foto 6: <u>TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO DE 200 W</u></p>	<p>Foto 7: <u>CONECTOR KIT SECUNDARIOS</u></p>
	
<p>Foto 8: <u>TORRE DE CONTROL</u></p>	<p>Foto 9: <u>RCC EN SUS CONTENEDORES</u></p>
	
<p>Foto 10: <u>CONECTORES DEL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO</u></p>	


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	FOTOGRAFÍAS	HOJA 50

COMPONENTES DEL SISTEMA PAPI


COMPONENTES DEL SISTEMA PAPI	
 <p>Foto 11: <u>CABLE ELÉCTRICO</u></p>	 <p>Foto 12: <u>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</u></p>
 <p>Foto 13: <u>TORRE DE CONTROL</u></p>	 <p>Foto 14: <u>ESPUMA ANTIHUMEDAD</u></p>
 <p>Foto 15: <u>BASES UNIVERSALES PARA AYUDAS VISUALES LUMINOSAS</u></p>	


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	FOTOGRAFÍAS	HOJA 51

BASES DE CEMENTO Y UNIDADES PAPI


BASES DE CEMENTO Y UNIDADES PAPI	
 <p>Foto 16: <u>LUGAR DE LA IMPLEMENTACIÓN</u></p>	 <p>Foto 17: <u>MALLAS DE BARILLA PARA LA BASE DE CEMENTO</u></p>
 <p>Foto 18: <u>EXCAVACIÓN</u></p>	 <p>Foto 19: <u>ARENA Y RIPIO</u></p>
 <p>Foto 20: <u>BASES DE CEMENTO</u></p>	 <p>Foto 21: <u>UNIDADES PAPI</u></p>


	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	FOTOGRAFÍAS	HOJA 52

SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO

SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	
	
<p>Foto 22: <u>RACK'S DE ALTA TENSIÓN</u></p>	<p>Foto 23: <u>INTERFAZ DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO</u></p>
	
<p>Foto 24: <u>COMPONENTES COMPUTADOR</u></p>	<p>Foto 25: <u>TECLADO Y MONITOR</u></p>
	
<p>Foto 26: <u>CONTROL EN MODO LÓGICO Y EN MODO INDIVIDUAL</u></p>	

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	R.D.F.H
	ANEXOS	FECHA: 2014-06-01
	FOTOGRAFÍAS	HOJA 53

CAPACITACIÓN




Foto 27: LIMPIEZA CON ALCOHOL ISOPROPÍLICO, MEDICIÓN DE CORRIENTE AMPERÍMETRO DE PINZA Y USO DEL MULTÍMETRO



Foto 28: CABLES Y LIMPIEZA DE CONTACTOS Y LUCES




Foto 29: GRUPO DE CAPACITACIÓN Y SISTEMA PAPI

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	APÉNDICES	APÉNDICE HOJA 55
	APÉNDICE N° 2: INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	

INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO


Requerimiento de Mantenimiento	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	OTROS
1. Inspección del control operación	x					
2. Inspección general de la limpieza	x	x				
3. Inspección por humedad	x	x				
4. Inspección del aire acondicionado y sus controles	x	x				
5. Inspeccione los extintores, el equipo y la cartelera de seguridad.			x			
6. Inspección de la resistencia de aislamiento todos los circuitos del aeródromo			x			
7. Inspección del voltaje de entrada en la subestación				x		
8. Inspección de la resistencia de la tierra.				x		
9. Inspección y limpieza de las barras.				x		
10. Inspección de la operación de los relay				x		
11. Inspección de los fusibles				x		
12. Inspección de los interruptores				x		
13. Operación de los interruptores de transferencia			x			
14. Inspección del paneles de control y el computador				x		
15. Inspección de los pararrayos.				x		x
16. Inspección del equipo eléctrico misceláneo				x		
17. Test dieléctrico de transformadores y regulador (RCC)es					x	
18. Pinte el equipo cuando sea necesario					x	x

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	APÉNDICES	APÉNDICE HOJA 56
	APÉNDICE N° 3: INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO REGULADOR DE CORRIENTE CONSTANTE	

INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO


Requerimiento de Mantenimiento	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	OTROS
1. Inspección del control de los circuitos para cada nivel de brillo.	x					
2. Inspección la condición y operación del regulador (RCC)		x				
3. Inspección del voltaje de entrada y la corriente			x			
4. Inspección de la corriente de salida sobre cada nivel de brillo			x			
5. Inspección de la carga de salida sobre el regulador (RCC) si se necesita				x		
6. Inspección relays, cableado y aislamiento				x		
8. Realizar prueba anuales según procedimiento					x	
9. Limpieza de moho y repintado según sea necesario.						x

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino


	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY	MPAPI – 001 R.D.F.H
	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	
	APÉNDICES	APÉNDICE HOJA 57
	APÉNDICE N° 4: INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMA PAPI	

INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO

Requerimiento de Mantenimiento	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	OTROS
1. Inspección de la operación de las lámparas.	x					
2. Inspección de la operación de los controles						
3. Inspección general de la limpieza	x	x				
4. Inspección por humedad	x	x				
5. Inspección de daños por aeronaves o vehículos.			x			
6. Limpieza de las lámparas y filtros.			x			
7. Verificación de las partes mecánicas.			x			
8. Inspección por daños de rayos o tormentas.			x			
9. Verificación de daño por agua o fauna silvestres.			x			
10. Inspección de presencia de roedores.			x			
11. Registro de la corriente y el voltaje.			x			
12. Inspección de la alineación y ángulo de las cajas.			x			
13. Verificación de la operación del interruptor de inclinación.			x			
14. Verificación de la integridad de la zona libre de obstáculos en la aproximación.				x		
15. Verificación de la resistencia o aislamiento de los cables.				x		
16. Inspección de la Resistencia del sistema de tierra.				x		
17. Verificación de los sistemas de distribución de energía.					x	
18. Repintado					x	
19. Remover la vegetación y verificación de la base.						x
20. Inspección de impermeabilización.						x

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino

	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LUCES P.A.P.I	MPAPI - 001
	AEROPUERTO INTERNACIONAL JUMANDY HOJA EN BLANCO	

	Realizado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
	Renato Falconí Hidalgo	Ing. Mg. Juan Pablo Pallo	Ing. Juan Andino