

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE LA DEFENSA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA DE LA
FUERZA ARMADA NACIONAL
UNEFA

Evaluación Técnica-Económica de Fuentes Alternativas e Híbridas
para la Electrificación de los Puestos de la Guardia Nacional de
Venezuela, en la frontera suroeste del país.

Informe de Pasantías Industrial presentado ante la Universidad Nacional
Experimental Politécnica de la Fuerza Armada como requisito para optar al
título de Ingeniero Electricista

Tutor Industrial:

Cap. (GN) Juan Carlos Marrufo Capozzi

Pasante:

Tte.(GN) Jimmy Sánchez Largo

Tutor Académico:

Francisco M. Gonzalez-Longatt, Ing. MSc

Maracay, Mayo 2004

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE LA DEFENSA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA DE LA
FUERZA ARMADA NACIONAL
UNEFA

Fecha: Maracay, Mayo 2004.

APROBACIÓN DEL TUTOR

Señor Coordinador de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, mediante la presente comunicación hago de su conocimiento que ante la solicitud realizada por el **TTE. (GN) Jimmy Rafael Sánchez Largo**, apruebo el informe de Pasantías Industrial titulado: Evaluación Técnica-Económica de Fuentes Alternativas e Híbridas para la Electrificación de los Puestos de la Guardia Nacional de Venezuela, en la frontera suroeste del país.

Nombres y Apellidos

Título Profesional

C.I. _____

C.I.V. _____

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE LA DEFENSA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA DE LA
FUERZA ARMADA NACIONAL
UNEFA

Fecha: Maracay, Junio 2004.

APROBACIÓN DEL COMITÉ EVALUADOR

Quienes suscriben, Miembros del Jurado Evaluador designado por el Consejo Académico de la Universidad Nacional Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (UNEFA), para evaluar la presentación y el informe de Pasantía Industrial presentado por el **TTE. (GN) Jimmy Sánchez Largo**, bajo el título de: **Evaluación Técnico-Económica de fuentes alternas e híbridas para la electrificación de Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional en la Frontera Suroeste del país**, a los fines de cumplir con el último requisito académico para obtener el título del Ingeniero Electricista, dejan constancia de que el informe se considero APROBADO.

En fe de lo cual se deja constancia en Maracay, a los ____ del mes de _____ del año 2004.

Prof.

Prof.

Prof.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I ACTIVIDADES PLANIFICADAS PARA EL DESARROLLO DE LAS PASANTIAS

1.1 CONTEXTO ORGANIZACIONAL.....	3
1.2 MISIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN.....	4
1.3 FUNCIONES.....	4
1.4 ESTRUCTURA ORGÁNICA.....	5
1.5 CARACTERISTICAS DEL DEPARTAMENTO PROYECTO DEL SERVICIO DE INGENIERIA.....	6
1.6 IDENTIFICACIÓN Y EXPLICACIÓN DE LOS PROCESOS EN EL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS SERVICIO DE INGENIERÍA.....	6
1.7 PLAN DE ACTIVIDADES DE LAS PASANTIAS.....	9

CAPÍTULO II EL PROBLEMA

2.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	12
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.3.1 Objetivo General.....	16
2.3.2 Objetivos Específicos.....	16
2.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.5 ALCANCE.....	19

CAPÍTULO III MARCO REFERENCIAL

3.1. ENERGÍA SOLAR.....	21
3.1.1 Radiación Solar.....	21
3.1.2 El clima y la radiación solar.....	21
3.1.3 Declinación.....	22
3.1.4 Angulo de incidencia sobre una superficie de orientación cualquiera.....	22
3.1.5 Irradiación.....	23
3.1.5.1 Irradiación extraterrestre.....	24
3.1.5.2 Irradiación para una superficie inclinada.....	24
3.1.6 El Albedo.....	25
3.1.7 Ubicación de la superficie colectora.....	25
3.1.8 Factores adimensionales.....	26
3.1.9 Insolación.....	28
3.2 DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS.....	28
3.2.1 Principios de Operación.....	28
3.2.2 Celda Fotovoltaica.....	28
3.2.3 Estructura de un Generador Fotovoltaico.....	32
3.2.3.1 Panel Fotovoltaico.....	32
3.2.3.2 Regulador.....	34
3.2.3.3 Batería.....	36
3.2.3.4 Inversor.....	40
3.2.4 Información necesaria para diseñar un sistema fotovoltaico.....	41
3.2.5 Selección de conductores, tuberías y protecciones.....	45
3.3 ENERGIA EÓLICA.....	52
3.3.1 El Aire.....	52
3.3.2 La Energía del Viento.....	52
3.3.3 Aerogeneradores.....	53
3.3.4 Información necesaria para diseñar un sistema de generación eólica.....	55
3.3.5 Potencia que produce un aerogenerador según la veloc. del viento.....	56
3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS FUENTES ALTERNAS.....	57

CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	59
4.2 ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
4.3 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	60
4.4 PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	61

CAPÍTULO V RESULTADOS DE LA EJECUCIÓN DE LAS PASANTIAS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	62
5.2 FACTORES CARACTERÍSTICOS DE LAS CARGAS.....	80
5.3 ESTADÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	84
5.4 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES	99
5.4.1 Condiciones de radiación e insolación (Energía Solar).....	99
5.4.1.1 Puesto Cararabo (Zona San Fernando Apure).....	99
5.4.1.2 Puesto La Esmeralda (Zona Puerto Ayacucho).....	105
5.4.2 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	120
5.4.3 Condiciones de velocidad del viento (Aerogeneradores).....	155
5.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	160
5.5.1 Puestos de Cararabo (Zona San Fernando de Apure).....	160
5.5.2 Puesto La Esmeralda (Zona de Puerto Ayacucho).....	162
5.6 SISTEMAS PROPUESTOS.....	164
5.6.1 Sistema de Conversión de Energía Solar.....	164
5.6.2 Sistema de Energía Eólica.....	167
5.6.3 Sistema Solar-Eólico (Híbrido).....	168
5.7 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	170
5.8 APOORTE SIGNIFICATIVO DE LAS PASANTIAS.....	171
 CONCLUSIONES.....	 186
RECOMENDACIONES.....	189
BIBLIOGRAFIA.....	192
 ANEXOS:	
Anexo A: Glosarios de términos	
Anexo B: Especificaciones técnicas para componentes del sistema FV	
Anexo C: Especificaciones técnicas para componentes del sistema eólico y curvas de potencia de cada modelo.	
Anexo D: Características eléctricas de los dispositivos FV existentes	
Anexo E: Actividades realizadas durante las pasantías largas	
Anexo F: Información solicitada a los puestos fronterizos	
Anexo G: Tablas utilizadas para el cálculo de conductores y tuberías	
Anexo H: Resúmenes climatológicos año 92-2000 Estación San Fernando de Apure.	
Anexo I: Resúmenes climatológicos año 92-2000 Estación Pto. Ayacucho	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Procedimientos del Departamento de Proyectos.....	7
Tabla N° 2	Plan de Actividades de Pasantías.....	9
Tabla N° 3	Estadísticas por Tipo de Fuente (Planteamiento del problema).....	18
Tabla N° 4	Ángulo de Inclinación según Latitud.....	23
Tabla N° 5	Puestos Fronterizos con Sistema Tradicional y Alternativo.....	30
Tabla N° 6	Condiciones Actuales Sistema Alternativo en los Puestos.....	xx
Tabla N° 7	Promedios de Humedad (Estación San Fernando de Apure).....	77
Tabla N° 8	Promedios de Presión (Estación San Fernando de Apure).....	78
Tabla N° 9	Promedios de Radiación (Estación San Fernando de Apure).....	79
Tabla N° 10	Promedios de Temp. y Precip. (Estación San Fernando de Apure).....	80
Tabla N° 11	Promedios de Temperatura (Estación San Fernando de Apure).....	81
Tabla N° 12	Promedios de Veloc. del Viento (Estación San Fernando de Apure).....	82
Tabla N° 13	Promedios de Insolación (Estación San Fernando de Apure).....	83
Tabla N° 14	Promedios de Humedad (Estación Pto. Ayacucho).....	84
Tabla N° 15	Promedios de Presión (Estación Pto. Ayacucho).....	85
Tabla N° 16	Promedios de Radiación (Estación Pto. Ayacucho).....	86
Tabla N° 17	Promedios de Temp. y Precip. (Estación Pto. Ayacucho).....	87
Tabla N° 18	Promedios de Temperatura (Estación Pto. Ayacucho).....	89
Tabla N° 19	Promedios de Veloc. del Viento (Estación Pto. Ayacucho).....	90
Tabla N° 20	Promedios de Insolación (Estación Pto. Ayacucho).....	91
Tabla N° 21	Factor de la Difusa.....	95
Tabla N° 22	Valores Cálculos Realizados (Zona San Fernando Apure).....	96
Tabla N° 23	Valores Cálculos Realizados (Zona Pto. Ayacucho).....	98
Tabla N° 24	Valores Promedios Irradiación Mensual (MJ/m ²) Zona SFA.....	99
Tabla N° 25	Valores Promedios Irradiación Mensual (MJ/m ²) Zona Pto Ayac.....	100
Tabla N° 26	Energía Mensual Disponible (Pto. Cararabo).....	102
Tabla N° 27	Energía Mensual Disponible (Pto. La Esmeralda).....	104
Tabla N° 28	Promedios Mínimos Diarios Horas (Zona San Fernando Apure).....	105
Tabla N° 29	Promedios Mínimos Diarios Horas (Zona Pto. Ayacucho).....	106
Tabla N° 30	Consumo Estimado Energía DC (Pto. Cararabo).....	108
Tabla N° 31	Consumo Estimado Energía AC (Pto. Cararabo).....	109
Tabla N° 32	Consumo Estimado Energía DC (Pto. La Esmeralda).....	111
Tabla N° 33	Consumo Estimado Energía AC (Pto. La Esmeralda).....	112
Tabla N° 34	Especificaciones Eléctricas del Modulo Solar.....	115
Tabla N° 35	Promedios Mínimos A-h/día/modulo (Pto. Cararabo).....	116
Tabla N° 36	Promedios Mínimos A-h/día/modulo (Pto. La Esmeralda).....	117
Tabla N° 37	Promedios Mensual A-h/día arreglo modulo solar (Pto. Cararabo).....	120
Tabla N° 38	Promedios Mensual A-h/día arreglo modulo solar (Pto. La Esm.).....	123
Tabla N° 39	Dimensionamiento de Conductores (Pto. La Esmeralda).....	147
Tabla N° 40	Características de los Aerogeneradores.....	148
Tabla N° 41	Promedios Veloc. Viento 92-2003 (Zona San Fernando).....	150
Tabla N° 42	Gastos Mensuales Planta Eléctrica (Pto. Cararabo).....	154
Tabla N° 43	Gastos Mensuales Planta Eléctrica (Pto. La Esmeralda).....	156
Tabla N° 44	Gastos Sistema Propuesto (Pto. Cararabo).....	157

Tabla N° 45 Gastos Sistema Propuesto (Pto. La Esmeralda).....	159
Tabla N° 46 Costos de un Aerogenerador.....	160
Tabla N° 47 Descripción de Sistemas Híbridos.....	162
Tabla N° 48 Características del Alimentador Principal.....	167
Tabla N° 49 Características del Alimentador (Planta Alta).....	167
Tabla N° 50 Características de los circuitos de electrificación.....	168
Tabla N° 51 Dimensionamiento de los Circuitos del Alimentador Principal.....	168
Tabla N° 52 Dimensionamiento de los Circuitos del Alimentador Secundario.....	170
Tabla N° 53 Calibre de los conductores por caída de tensión (Alim. Ppal.).....	173
Tabla N° 54 Calibre de los conductores por caída de tensión (Alim. Secund.).....	173
Tabla N° 55 Conductor seleccionado para cada circuito (Alim. Ppal.).....	174
Tabla N° 56 Conductor seleccionado para cada circuito (Alim. Secund.).....	175
Tabla N° 57 Calculo del Alimentador.....	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Organigrama Servicio de Ingeniería.....	5
Fig. 2	Circuito Equivalente de una Celda FV.....	34
Fig. 3	Curva I-V.....	34
Fig. 4	Punto de Máxima Potencia de una Celda FV.....	35
Fig. 5	Efecto de la Temperatura sobre las Caract. De las Celdas FV.....	36
Fig. 6	Máxima Caída de Tensión en los Sistemas FV.....	54
Fig. 7	Variación de la Energía de Acuerdo a la Velocidad del Viento.....	61
Fig. 8	Organización Macroestructural de la Guardia Nacional.....	x
Fig. 9	Despliegue Operacional de la Guardia Nacional por Comando Reg.....	x
Fig. 10	Despliegue Operacional de la Guardia Nacional Dest. CIA y Plton.....	x
Fig. 11	Puesto Fronterizos de la Zona de San Fernando de Apure.....	x
Fig. 12	Puesto Fronterizos de la Zona de Puerto Ayacucho.....	x
Fig. 13	Promedios de Humedad (Estación San Fernando de Apure).....	77
Fig. 14	Promedios de Presión (Estación San Fernando de Apure).....	78
Fig. 15	Promedios de Radiación (Estación San Fernando de Apure).....	79
Fig. 16	Promedios de Temp. y Precip. (Estación San Fernando de Apure).....	80
Fig. 17	Promedios de Temperatura (Estación San Fernando de Apure).....	81
Fig. 18	Promedios de Veloc. del Viento (Estación San Fernando de Apure).....	82
Fig. 19	Promedios de Insolación (Estación San Fernando de Apure).....	83
Fig. 20	Promedios de Humedad (Estación Pto. Ayacucho).....	84
Fig. 21	Promedios de Presión (Estación Pto. Ayacucho).....	85
Fig. 22	Promedios de Radiación (Estación Pto. Ayacucho).....	86
Fig. 23	Promedios de Temp. y Precip. (Estación Pto. Ayacucho).....	87
Fig. 24	Promedios de Temperatura (Estación Pto. Ayacucho).....	88
Fig. 25	Promedios de Veloc. del Viento (Estación Pto. Ayacucho).....	89
Fig. 26	Promedios de Insolación (Estación Pto. Ayacucho).....	90
Fig. 27	Valores Promedios Irradiación Mensual (MJ/m ²) Zona SFA.....	100
Fig. 28	Valores Promedios Irradiación Mensual (MJ/m ²) Zona Pto. Ayac.....	101
Fig. 29	Energía Mensual Disponible (Pto Cararabo).....	103
Fig. 30	Energía Mensual Disponible (Pto La Esmeralda).....	104
Fig. 31	Promedios Mínimos Diarios Horas (Zona San Fernando Apure).....	106
Fig. 32	Promedios Mínimos Diarios Horas (Zona Pto. Ayacucho).....	107
Fig. 33	Consumo Estimado Energía DC (Pto. Cararabo).....	109
Fig. 34	Consumo Estimado Energía AC (Pto. Cararabo).....	110
Fig. 35	Consumo Estimado Energía DC (Pto. La Esmeralda).....	111
Fig. 36	Consumo Estimado Energía AC (Pto. La Esmeralda).....	113
Fig. 37	Promedios Mínimos A-h/día/modulo (Pto. Cararabo).....	117
Fig. 38	Promedios Mínimos A-h/día/modulo (Pto. La Esmeralda).....	118
Fig. 39	Promedios Mensual A-h/día arreglo modulo solar (Pto. Cararabo).....	120
Fig. 40	Promedios Mensual A-h/día arreglo modulo solar (Pto. La Esm.).....	124
Fig. 41	Promedios Veloc. Viento 92-2003 (Zona San Fernando).....	150

LISTA DE ABREVIATURAS

A: Amperios
AC: Corriente Alterna
A-h: Amperios Horas
A-h/día: Amperios-hora por día
Pto: Puesto Fronterizo
C.E.N: Código Eléctrico Nacional
CIA: Compañía
CD: Capacidad de Distribución
Cu: Cobre
DC: Corriente Continua
DF: Destacamento de Fronteras
Ec: Ecuación
FV: Fotovoltaico
F.p: Factor de Potencia
GNV: Guardia Nacional de Venezuela
GW: Giga vatio
KVA: Kilovoltio Amperios
KW: Kilovatio
Kw-h: Kilovatio-hora.
m : Metro
P-N: Positivo-Negativo
P/C: Puesto de Comando
SINGER: Servicio de Ingeniería
THW: Aislante Termoplástico resistente a la humedad y calor
V: Voltaje
 Δv : Caída de Tensión
Rpm: Revoluciones por minuto.

CAPÍTULO I

ACTIVIDADES PLANIFICADAS PARA EL DESARROLLO DE LAS PASANTIAS

1.1 Contexto Organizacional

El Servicio de Ingeniería fue creado el 4 de agosto de 1962, bajo el resuelto N° 146, adscrito a la Dirección del Servicio de Ingeniería Militar del Ministerio de la Defensa, posteriormente y debido al desarrollo de las áreas de actuación, asignada a la Guardia Nacional, el Servicio de Ingeniería Militar pasa a depender del Estado Mayor General de la Guardia Nacional, concretamente de la Dirección de Logística.

La asignación de nuevas funciones a este Servicio, y los cambios producidos dentro de la macroestructura de la Guardia Nacional, conllevan a trasladar su sede desde el superbloque ubicado en el Callejón Loyola, detrás de la Caja de Ahorros y Bienestar Social (CABISOFAC), en el Paraíso, hasta la Quinta Cuscatlán, en la sede la Comandancia General, en la ciudad de Caracas, posteriormente el 25 de Septiembre de 1978, se desafecta de la Dirección de Logística y pasa de nuevo el Servicio de Ingeniería, al Estado Mayor de la Guardia Nacional.

En 1981 se consolida la nueva estructura y el Servicio de Ingeniería pasa a ser nuevamente una dependencia de la Dirección de Logística, tal como se mantiene hasta la actualidad, desde la sede que ocupa desde 1990 en la Quinta Villa Zoila.

Desde allí, El Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional continúa cumpliendo con sus múltiples y diversas funciones institucionales.

1.2 Misión de la Empresa u Organización

Planificar, organizar, ejecutar, controlar y asesorar al Comando General de la Guardia Nacional en las actividades relativas a construcciones, ampliaciones, mejoras y mantenimiento de las instalaciones de la institución, a fin de lograr la máxima eficiencia técnica, administrativa y funcional en todos sus ámbitos.

1.3 Funciones

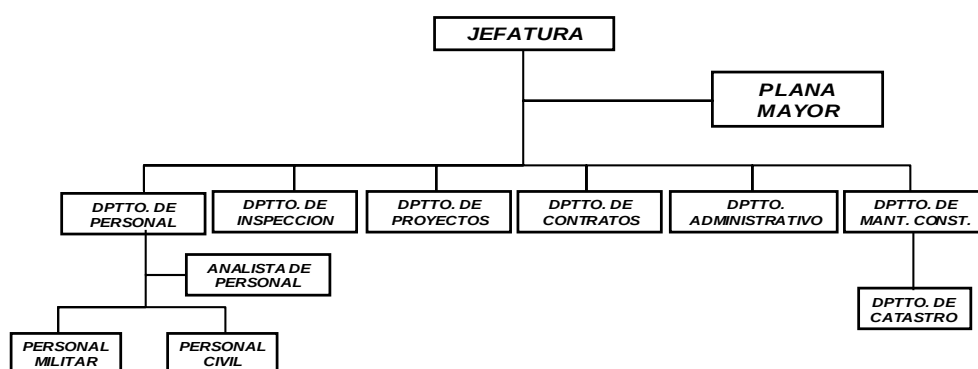
Dentro de las principales funciones del servicio podemos hacer referencia a las siguientes:

- Planificar, programar y proyectar las construcciones, ampliaciones y remodelaciones de las instalaciones físicas del Componente.
- Intervenir en todos los aspectos legales que afectan los proyectos de contratos de obras y servicios del Componente, así como participar en la reclamación y ampliación de las normas tendentes al cabal cumplimiento de las obligaciones contractuales suscritas.
- Planificar, ejecutar y controlar las inspecciones de las instalaciones del Componente.
- Efectuar inspecciones programadas a las obras en construcción a nivel nacional, de acuerdo a las especificaciones y normas técnicas establecidas en los contratos y sus anexos.
- Administrar los recursos financieros, humanos y materiales que le son asignados de acuerdo a la normativa vigente.
- Cualquier otra que disponga el Alto Mando de la Guardia Nacional dentro de su campo de actividad.

1.4 Estructura Orgánica

- 1.- Jefatura.
- 2.- Departamento de Proyectos.
- 3.- Departamento de Contratos.
- 4.- Departamento de Inspecciones.
- 5.- Departamento de Mantenimiento y Construcción.
- 6.- Departamento de Administración
- 7.- Departamento de Personal

Figura N° 1
Organigrama del Servicio de Ingeniería



Autor: Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional.

1.5 Características del Departamento de Proyectos del Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional.

El Departamento esta estructurado por un área de aproximadamente 75m² constituida por una oficina principal del Jefe de la Dependencia y una oficina auxiliar donde labora el personal integrante del Departamento. La Oficina auxiliar cuenta con cuatro (04) sub-divisiones, donde labora la Sección de planoteca, topografía, cálculo y dibujo. La estructura cuenta con un Sistema de aire acondicionado central que alimenta toda la edificación. En cuanto a las características tecnológicas el departamento cuenta con equipos y materiales, propio de sus funciones, tales como programas de elaboración e impresión de diseños de Planos Civiles y Eléctricos.

El Departamento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- Jefe del Departamento de Proyectos
 - Sección de Arquitectura
 - o Sub-Sección de Planoteca
 - o Sub-Sección de Topografía
 - o Sub-sección de Cálculo
 - o Sub-sección de Dibujo

1.6 Identificación y Explicación de los procesos en el Departamento de Proyectos del Servicio de Ingeniería.

Personas o unidades que intervienen:

- Unidad o Dependencia que solicita el proyecto
- Jefe del Servicio de Ingeniería.
- Jefe del Departamento de Proyectos

- Sección de Arquitectura
- Sub-Sección de Planoteca
- Sub-Sección de Topografía
- Sub-sección de Cálculo
- Sub-sección de Dibujo

Descripción del Procedimiento:

Tabla N° 1
Procedimiento Departamento de Proyectos

RESPONSABILIDAD	ACCIÓN
1.-JEFE DEL SERVICIO DE INGENIERÍA.	1.1.-Imparte instrucciones al Jefe del Dpto. de Proyectos a fin de iniciar un proyecto, en términos de ubicación y características generales de la construcción o modificación, y la prioridad para la ejecución del mismo.
2.-JEFE DEL DPTO. DE PROYECTO.	2.1.-Suministra a la Sección de Arquitectura toda la información relacionada con el proyecto, referente a: • Tipo y características de la construcción. • Ubicación. • Capacidad. 2.2.-Genera una comunicación de requerimiento de estudio de suelo para la firma del Jefe del Servicio.
3.-SECCIÓN DE ARQUITECTURA.	3.1.-Solicita a la sub-sección de Topografía el levantamiento topográfico: ubicación, linderos, propiedad, extensión, servicios, áreas adyacentes. 3.2.-Solicita a la sub-sección de Planoteca información de ingeniería relacionada con el proyecto.

	3.3.-Elabora el anteproyecto respectivo para remitirlo a la Jefatura del Departamento.
4.-JEFE DEL DPTO.	4.1.-Presenta el anteproyecto al Jefe del Servicio para la corrección y/o modificación.
5.-JEFE DEL DPTO.	5.1.-Remite el anteproyecto a la Sección de Arquitectura con las correcciones, modificaciones y observaciones, para la culminación del proyecto.
6.-SECCIÓN DE ARQUITECTURA.	6.1.-Ejecuta las correcciones y/o modificaciones ejecutadas sobre el anteproyecto. 6.2.-Elabora Memoria Descriptiva y Cálculos Métricos correspondiente al área de arquitectura. 6.3.-Remite planos del anteproyecto a las diferentes áreas de cálculo (estructura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, otros) solicitando las correspondientes memorias descriptivas y cálculos métricos. 6.4.-Una vez recibidos los planos de manos de cada uno de los computistas imparte instrucciones a los dibujantes para la elaboración de los planos en tinta. 6.5.-Coordina con los calculista, la supervisión de los planos en el área de su competencia. 6.6.-Elabora la Memoria Descriptiva General y los Cálculos Métricos de la Obra.
7.-JEFE DEL	7.1.-Supervisa en su totalidad la elaboración del

inspeccionar.																
3. Efectuar inspección en sitio, censo de carga de la muestra definida			X	X	X	X										
4. Definir, las características que posee un puesto fronterizo típico de la GNV.						X	X									
5. Caracterizar la Carga AC y DC del puesto típico de la GNV.							X	X								
6. Ponderar las condiciones climáticas, meteorológicas, y de recursos hidráulicos dominantes en la ubicación de los diferentes puestos de la GN									X	X						
7. Definición regiones de aplicabilidad técnicas de cada tipo de fuente alternativa o sistema híbrido										X	X					
8. Verificación de la											X	X				

factibilidad económica de las propuestas de fuentes alternativas e híbridas																
9. Construcción de un mapa de aplicabilidad técnica y económica por tipo fuente alternativa o híbrida para la electrificación de los puestos fronterizos de la GNV												X	X			
10. Redacción del Informe			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
11. Revisión del informe				X				X				X	X			X
12. Presentación de informe Final																X

Fuente: Departamento de Proyectos del Servicio de Ingeniería.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Reseña Histórica

Según la Constitución de La República Bolivariana de Venezuela en su artículo N° 328, la Fuerza Armada tiene por misión velar por la seguridad nacional y fronteriza del Territorio Venezolano. Para ello existe un despliegue militar en todos sus estados limítrofes con Colombia, Brasil y Guyana lo que se traduce en presencia física y utilización de recursos materiales, para desarrollar actividades tendientes a erradicar los delitos y actos ilícitos que se producen en toda la zona.

En base a esto, la Guardia Nacional de Venezuela, como componente integrante de la Fuerza Armada, posee una gran presencia de unidades tácticas en las zonas fronterizas, regiones que poseen características especiales, como lo es, su amplia distancia desde los Puestos Fronterizos a centros urbanos o poblaciones, además de la imposibilidad de acceso, lo cual hace que se dificulte el uso de los servicios básicos especialmente la electricidad.

Debido a la distancia existente y lejanía entre los centros poblados y estas unidades militares, en el año 1996 se creó el Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela, para cubrir parte de los Puestos Fronterizos que anteriormente pertenecían al Destacamento N° 63 del Comando Regional N° 6, esto con la finalidad de ampliar y desarrollar con más capacidad y eficiencia, las actividades que eran desempeñadas por unidad inferior (Destacamento), tanto en personal como en infraestructura.

Como antecedentes a esta investigación tenemos que en el año 1989, el G/B (GN) Frank Briceño, realizó un trabajo de investigación presentado al Instituto de Altos Estudios para la Defensa Nacional (IAEDEN), como requisito para la

obtención del diploma aprobatorio del Curso de Altos Estudios, titulado "Las Fuentes Alternas y Renovables como elementos dinamizadores del Desarrollo Fronterizo". Asimismo en el año 2001, el CAP. (GN) Juan Carlos Marrufo Capozzi, realizó un trabajo especial de grado presentado a la Escuela Superior de la Guardia Nacional de Venezuela, como requisito para optar al Diploma de Oficial de Comando y Plana Mayor, titulado "Propuesta para el diseño preliminar de un sistema de generación Hidroeléctrica para Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional.

En el mismo orden de ideas, otra de las investigaciones realizadas dentro del ámbito de la Fuerza Armada Nacional, se realizó en el año 1996 por parte del TTE.(EJ) Edgar Bracamonte como requisito para optar al Título de Ingeniero Electricista en la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada (UNEFA), titulada "Diseño de un Sistema de Energía Eléctrica para las Unidades Fronterizas de la Fuerzas Armadas Nacionales", específicamente para el puesto del Ejército "La Victoria" ubicado en el estado Bolívar, igualmente en el año 1998 el TTE.(EJ) Alexander Schaverin, realizó un trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Electricista titulado "Diseño de un sistema de generación de Energía Solar para un puesto fronterizo", específicamente el Puesto del Ejército Venezolano ZIPA.

Asimismo se han realizado estudios de elaboración de proyectos por parte de entes y órganos civiles tales como el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R), Electrificación del Caroni C.A (EDELCA), quienes han puesto en funcionamiento fuentes alternas de energía tales como las microcentrales de Generación de Energía Eléctrica, instaladas en la zona sur-este del país (Edo. Bolívar), las cuales constituyen una solución para aquellos lugares apartados donde no llega la Red de distribución de energía eléctrica comercial.

Como resultado de estas investigaciones la Guardia Nacional de Venezuela, ha través del Servicio de Ingeniería, órgano encargado de organizar y ejecutar actividades relacionadas con las mejoras de la infraestructura del componente, realiza

la presente investigación buscando sistematizar una evaluación al sistema eléctrico actual de los Puestos Fronterizos de la Zona Suroeste del país que no poseen Energía Eléctrica proporcionada por una Red de Distribución comercial y una posible instalación de una fuente de generación eléctrica alterna o híbrida para electrificar estas unidades.

2.2 Planteamiento del Problema

La Guardia Nacional realiza una importante labor en toda la zona fronteriza, la cual es fundamentada tanto en la Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela, como en su respectiva normativa, por constituir áreas de importancia estratégica para la seguridad y Defensa del País.

Esta presencia se traduce en la ubicación específica de puestos fronterizos a lo largo de toda la frontera sur-oeste con la República de Colombia, allí, la Guardia Nacional mantiene una presencia activa a pesar de lo alejado de estas unidades operativas con poblaciones o centros poblados, debido a que estas zonas son de difícil acceso por vía terrestre, se hace sumamente difícil proporcionarles los servicios básicos en especial el de la Electricidad.

En áreas de Ingeniería, específicamente de ingeniería eléctrica no se han realizado cambios sustanciales a las condiciones que durante algunos años han mantenido y que continúan llevando las instalaciones de los Puestos Fronterizas de la Guardia Nacional en la zona suroeste del país, como resultado de ellos la situación se presenta crítica para estas instalaciones militares tanto para el cumplimiento de sus funciones y actividades diarias como para el bienestar del personal que allí labora.

El servicio eléctrico, es uno de los factores primordiales para el cumplimiento de la misión, ya que implica la iluminación tanto de las áreas interiores como exteriores de esas instalaciones, así como el suministro de energía para tomas de uso

general lo que se traduce en bienestar del personal, ya que al no poder hacer uso de este servicio produce en el personal baja en su moral y pérdida de su efectividad en las tareas y funciones asignadas; asimismo el uso de equipos de comunicación, fundamentales para mantener informados a sus comandos superiores, de cualquier emergencia o eventualidad ocasionada en sus áreas de asignación.

Como se mencionó anteriormente, los puestos fronterizos requieren de un suministro de energía altamente confiable por su delicada actividad, en la Guardia Nacional existen una gran cantidad de unidades militares, que son alimentados por sistemas de distribuciones de Empresas comerciales, y en ese caso no se justifica implementar una fuente alterna ya que en todo caso sigue siendo económicamente más favorable los alimentados por la Red. En los puestos fronterizos evaluados, no existe alimentación de Red Comercial como fuente de generación de electricidad, sino por el contrario la alimentación se realiza con plantas eléctricas (motores diesel), los cuales poseen debilidades muy específicas, como lo es fuentes de ruido y contaminación, frecuente mantenimiento y suministro de combustible a zonas de difícil acceso, y esto influye en el suministro confiable de electricidad a estos puestos que poseen una importancia estratégica en la seguridad y defensa de la nación.

Estas causales anteriores aunadas al término de la vida útil de estas plantas eléctricas, proporcionan una constante paralización del suministro de energía eléctrica lo cual se refleja en poca comunicación radial existente entre los puestos fronterizos y sus comandos naturales. En algunos de los casos motivo de estudio se implemento con anterioridad, el uso de paneles solares (Energía Solar Fotovoltaica), para alimentar algunas cargas eléctricas tanto AC como DC, así como el bancos de baterías de los equipos de comunicación de algunos puestos, con la finalidad de resolver algunos de los problemas antes descritos, y estos han presentado una serie de inconvenientes, principalmente de falla técnicas, ya que no poseen la debida supervisión técnica por personal especializado en esta área.

Debido a estas causas anteriormente descritas, se requiere llevar a cabo una evaluación de carácter técnico-económico, que nos logre indicar cuales y donde, son aplicables las fuentes alternativas o híbridas de Generación de Energía Eléctrica para electrificar los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional.

2.3 Objetivos de la Investigación

2.3.1 Objetivo General.

Evaluar Técnica y Económicamente Fuentes Alternativas e Híbridas para la Electrificación de los Puestos de la Guardia Nacional de Venezuela, en la frontera suroeste del país.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las diferentes ubicaciones de Puestos de la Guardia Nacional en la Frontera suroeste del País.
- Caracterizar las condiciones de carga eléctrica AC y DC de un puesto fronterizo típico.
- Ponderar las condiciones climáticas, meteorológicas, y de recursos hidráulicos dominantes en la ubicación de los diferentes puestos de la GN.
- Definir regiones de aplicabilidad técnicas de cada tipo de fuente alternativa o sistema híbrido.

- Verificar la factibilidad económica de las propuestas de fuentes alternativas e híbridas.

2.4 Justificación de la Investigación

Las fuentes alternativas de energía, se fundamentan en tecnologías no contaminantes, en la que se emplean un recurso natural renovable como fuente primaria en la producción de electricidad. Son múltiples las fuentes de generación alternativa, pero las de mayor uso en la actualidad son:

- Sistemas de conversión de los vientos. (Aerogeneradores)
- Pequeñas hidro-turbinas.
- Sistemas Solares: Fotovoltaicos, Colectores solares.
- Geotérmicos.

En el pasado, estas fuentes eran acusadas de poseer costos de instalación y operación elevado, comparados a las fuentes tradicionales, pero el desarrollo tecnológico ha hecho que estas fuentes correctamente emplazadas y explotadas poseen un costo competitivo, y una alta eficiencia, y con la ventaja de no poseer emisiones contaminantes. En tal sentido, la tendencia a implementar el uso comercial de estas fuentes ha ido creciendo y se estima que aumente su tasa. El plan estratégico y de acción de la Comisión Europea, da cuenta de esto en la siguiente estadística:

Tabla N° 3
Estadística por Tipo de Fuente

Tipo de Fuente	1995	Estimado para 2010
Eólica	2.5 GW	40 GW
Micro Hidráulicas	9.5 GW	14 GW
Fotovoltaicos	0.03 GW	3 GW
Geotérmica	0.5 GW	1 GW

Nota: 1 GW = 10^9 W = 1.000.000.000 W

Fuente: González F. 2004

Venezuela, es un país agraciado por su ubicación geográfica y sus condiciones climáticas, por lo que ciertas localizaciones del territorio poseen recursos naturales en cantidad suficiente, para hacer de las fuentes alternativas una seria opción a considerar para la electrificación. Los puestos fronterizos, debido a su ubicación remota, tiene la imposibilidad de acceso al servicio comercial de electricidad, pero esta ubicación generalmente coincide con regiones potencialmente explotables por fuentes alternativas.

Tal es el caso de los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional del Suroeste del País, los cuales se encuentra ubicados geográficamente en una zona altamente ventajosa, que de acuerdo a variables climatológicas, tanto pluviométricas como hidrométricas, nos permitan efectuar una evaluación técnico-económica, para determinar de acuerdo a las características que presente cada uno de los puestos posibles fuentes alternas o híbridas para electrificar esos puestos fronterizos.

2.5. Alcance

La Fuerza Armada Nacional y específicamente la Guardia Nacional de Venezuela, en los últimos años han instalado en sus puestos fronterizos plantas

eléctricas de tipo Diesel. Estos equipos cuentan con un tiempo de vida útil por su composición mecánica, y debido al cambio de sus piezas o repuestos y la escasez de ellos, estas normalmente merman en su tiempo de operación y funcionamiento constante. Asimismo el traslado de estos a esos puestos hace que su costo se eleve, y es por ello que debido a las características de la zona tales como abundante vegetación, cercanías de ríos y riachuelos, cierta altura con respecto al nivel del mar y una constante temperatura se busca evaluar fuentes alternas tales como Aerogeneradores, Conversores Fotovoltaicos, o fuentes híbridas entre ellas, para proporcionar Energía Eléctrica a puestos Fronterizos de la Guardia Nacional.

Esta investigación se enfoca en efectuar una evaluación técnico- económica que establezca o proporcione una posible solución para encontrar una fuente de generación eficiente, de uso local y principalmente alterna, que suministre Energía Eléctrica a puestos fronterizos pertenecientes al Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional en la zona suroeste del país, específicamente (Cararabo, Buena Vista del Meta, San Carlos del Meta, Sta, Cruz de Atabapo, Solano, Sta. Lucia, La Esmeralda y Tama-Tama)

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL

ASPECTOS TEÓRICOS

Las Energías Alternas se definen como aquellas fuentes de obtención de energía, donde son utilizados recursos eólicos, solares, hídricos y algunos otros, para generar energía eléctrica, donde aparte de ser recursos renovables, son explotados sin causar destrucción al medio ambiente y constituyen una fuente inagotable de energía.

El uso de la energía alterna como recursos no convencionales, se ha acelerado debido a las crisis energéticas que han ido sufriendo los países en forma general. Este uso de las llamadas energías limpias, ha tenido grandes ventajas para aquellos sitios o lugares donde el acceso a la energía eléctrica se hace difícil ya sea por la lejanía con lugares de generación o zonas con topografía de gran dificultad para su ingreso; entre sus ventajas podemos nombrar:

1. Estas energías no consumen combustible.
2. Son fuentes de generación inagotable.
3. No contaminan el medio ambiente.
4. No producen mutaciones a los seres vivos.
5. No producen alteraciones del clima.
6. No alteran la flora y la fauna.

A continuación se menciona las energías alternas que serán utilizadas para la evaluación técnica del presente trabajo, explicando su funcionamiento, componentes que se utilizan para realizar su aprovechamiento y el cálculo de cada uno de sus componentes.

3.1 **Energía Solar**

3.1.1 Radiación Solar

La Radiación Solar es el recurso primario para generar energía eléctrica, este medio es fundamental para realizar la conversión de los rayos del sol como forma de recurso energético, a través de componentes electrónicos llamados semiconductores.

Según Schaverin M. (1998):

La constante Solar es la intensidad con que la energía solar irradia un área unitaria de superficie normal a los rayos solares, en el espacio exterior de la atmósfera terrestre y la distancia dada entre ambos astros. La atmósfera terrestre, con su vapor de agua, bióxido de carbono, polvo, humo y nubes, disminuye la intensidad de los rayos solares por absorción y dispersión. Además, la rotación del planeta ocasiona que cualquier lugar sobre la superficie reciba luz solar solo parte del tiempo. Debido a la inclinación del eje terrestre y a la variación en la distancia entre el sol y la tierra, la cantidad de radiación recibida en cualquier lugar fijo de la tierra varía con las estaciones del año. (Pág. 12)

3.1.2 El Clima y la Radiación Solar

El clima viene a constituir un elemento de importancia, ya que expresa la relación que existe entre las diferentes capas que conforman la atmósfera, así como es el promedio del estado del tiempo. Existen diferentes factores que influyen en las condiciones climatológicas las cuales determinan y/o modifican los elementos del clima en los diferentes espacios del globo terrestre. A continuación se mencionan algunos que pueden influir en los cambios y que pueden variar las características tales como: Latitud, Cercanía al mar, temperatura y la humedad atmosférica.

3.1.3 Declinación

Es el ángulo formado entre la dirección de los rayos del sol y el plano ecuatorial. Este ángulo varía a cada instante, pero sus variaciones son tan pequeñas que normalmente se le toma como un valor constante. Este valor pasa por valores máximos entre los días solsticios, 22DIC (-23.45) y 21JUN (23.45).

El cálculo de este factor se realiza para cada uno de los días del año, sin embargo es factible tomar un día específico del mes, ya que la variación entre día es muy pequeña, la declinación viene dada por la siguiente expresión:

$$\delta = 23.45 \times \text{sen} \left[\frac{360(284 + n)}{365} \right] \quad (\text{Ec. N}^\circ 1)$$

Donde:

n= número del día en el año.

3.1.4 Angulo de incidencia sobre una superficie de orientación cualquiera

La radiación solar que llega sobre una superficie de orientación cualquier depende del ángulo de incidencia medido entre la normal a la superficie considerada y la dirección de la cual provienen los rayos. Donde el ángulo β (ángulo de inclinación de la superficie), es ajustado al lugar donde la dirección de los rayos del sol sea normal a esta y debe estar inclinada hacia el sur para captar la mayor cantidad de rayos solares. Este valor viene dado por la siguiente ecuación:

$$hs = \cos^{-1} \times (-\text{Tag}L \times \text{Tag}\delta) \quad (\text{Ec. N}^\circ 2)$$

Donde:

L = Latitud de la zona

δ = ángulo de declinación

h_s = ángulo de incidencia sobre una superficie de orientación.

β = Angulo de inclinación de la superficie.

3.1.5 Irradiación

La irradiación que llega constante prácticamente es llamada constante solar, sin embargo esta radiación no llega al nivel de la superficie terrestre de forma directa sino que sufre modificaciones.

Al nivel de suelo esta radiación puede ser descompuesta en dos radiaciones: directa y difusa. La directa, corresponde a la fracción de la radiación extraterrestre que ha logrado atravesar la atmósfera y la difusa que es la suma de la radiación difractada, reemitida y recibida de la bóveda celeste sin tener una dirección determinada.

La radiación global de una superficie de cualquier orientación es la suma de la radiación directa, difusa y reflejada por ella misma

3.1.5.1. Irradiación Extraterrestre.

La irradiación extraterrestre viene dada por la siguiente ecuación:

$$H_o = \frac{24}{\pi} \times G_{sc} \left[1 + 0.033 \times \cos \frac{360n}{365} \right] \left[\cos L \times \cos \delta \times \text{senhs} + \frac{(2\pi h s)}{360} \times \text{senL} \times \text{sen}\delta \right]$$

(Ec. N°3)

Donde:

G_{sc} = constante solar (W/m²)

Este valor de la constante solar, varía de acuerdo al valor que cada fabricante proporciona a sus módulos solares.

3.1.5.2. Irradiación para una superficie inclinada

Una superficie inclinada (a un ángulo β), recibe solo una porción de la radiación difusa, razón por la cual aparece el factor de forma de dicha superficie y adicionalmente recibe la radiación global horizontal reflejada por el suelo.

La radiación global sobre una superficie inclinada (H_t) viene dada por la siguiente ecuación:

$$H_t = H \times R$$

(Ec. N°4)

Donde:

H = Irradiación global sobre una superficie horizontal

R = Factor de inclinación de la radiación total

3.1.6 El Albedo

El albedo es el porcentaje de energía reflejada, el cual varía según la naturaleza física de la superficie del cuerpo. Este valor oscila entre un mínimo para

las superficies negras y un máximo para las blancas. En este orden la nieve y el hielo tienen un albedo aproximado de 80% al 90%, la superficie de los océanos del 2% al 10%, los bosques de 18%, los suelos cultivados del 10% al 25% y las arenas del 30%. Se denota con la letra (α g).

3.1.7 Ubicación de la Superficie Colectora

La ubicación de la superficie colectora se realiza tomando en cuenta la ubicación en latitud, con la finalidad de tomar en cuenta el movimiento de las sombras y el movimiento del sol a lo largo del año. Se recomienda inclinar la superficie a un ángulo β del plano horizontal hacia el sur. Esta inclinación debe ser tal que pueda recoger la mayor cantidad de radiación directa.

Tabla N° 4

Angulo de Inclinación según la Latitud

LATITUD	ANGULO DE INCLINACIÓN
0° A 15°	15°
20°	20°
25°	25°
30°	35°
35°	40°

Fuente: Kyocera Inc. Corp.

3.1.8 Factores Adimensionales

Se han definido varios factores adimensionales, dependiendo de la combinación de datos solares y geográficos, mediante los cuales el sol calienta a la

tierra, con la finalidad de simplificar comparaciones climáticas, entre estos factores se mencionan:

1. Relación cuando se compara con el día despejado
2. Índice cuando se compara con el valor extraterrestre
3. Fracción cuando se compara con la radiación global.

- Índice de Claridad Mensual (K_t)

Este factor viene dado por la relación:

$$K_t = \frac{H}{H_o}$$

(Ec. N° 5)

Donde:

H= Irradiación global sobre una sup. Horizontal

H_o = Irradiación extraterrestre.

- Fracción de Irradiación de la difusa (F_d)

Este factor viene dado por la relación:

$$F_d = \frac{H_d}{H}$$

(Ec. N° 6)

Donde:

H_d = Irradiación difusa

- Factor de inclinación de Irradiación directa (R_B)

Este factor viene dado por la siguiente ecuación:

$$R_B = \frac{\cos(L - \beta) \times \cos \delta \times \sin h_s' + \frac{\pi}{180} \times h_s' \times \sin(L - \beta) \times \sin \delta}{\cos L \times \cos \delta \times \sin h_s + \frac{\pi}{180} \times h_s \times \sin L \times \sin \delta}$$

(Ec. N° 7)

Donde:

R_B = Factor inclinación de Irradiación directa.

$h_s' = \min [h_s, \arccos(-\tan(L - \beta) \tan \delta)]$ (Para superficies orientadas al sur sobre el hemisferio norte).

- Factor de inclinación de Irradiación total

Este factor viene dado por la relación:

$$R = \left(1 - \frac{Hd}{H}\right) \times R_B + \frac{Hd}{H} \times \frac{(1 + \cos \beta)}{2} + \alpha g \frac{(1 - \cos \beta)}{2}$$

(Ec. N° 8)

Donde:

R = factor de Inclinación de la Irradiación Total.

αg = Coeficiente del albedo.

3.1.9 Insolación

Es el tiempo expresado en horas, en que el sol brillante aparece en el firmamento para un punto de observación específico, teniendo en cuenta la sombra

eventual proyectada por obstáculos naturales y artificiales. Si la zona de intensidad es vertical será mayor la insolación y a medida que varia el ángulo de incidencia de distribuye mayor cantidad en la zona de la superficie.

3.2 Dispositivos Fotovoltaicos

3.2.1 Principios de Operación

Cuando la luz incide sobre un semiconductor, el bombardeo de los fotones libera electrones de los átomos del material semiconductor, creando dos cargas libres, una positiva y otra negativa. El equilibrio electrónico de la unión P-N, se ve alterado por la presencia de estas cargas libres. En esta alteración se produce un voltaje entre las dos cargas, por la cual circulará una corriente si estos son conectados a una carga eléctrica.

3.2.2 Celda Fotovoltaica

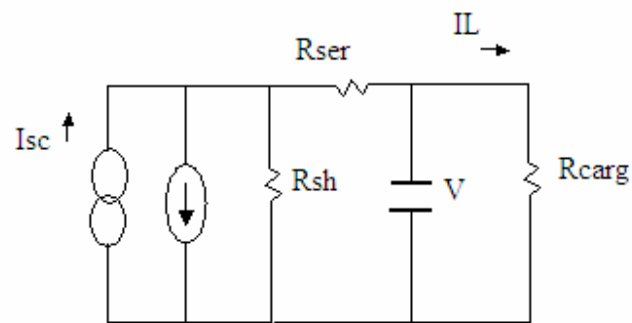
Consiste en un diodo semiconductor de gran superficie, diseñado para que la luz solar pueda introducirse en la zona de unión P-N del dispositivo.

- Curva característica

La siguiente figura muestra el circuito equivalente de una celda solar. Variando la resistencia de carga entre cero e infinito se puede obtener la curva característica corriente-tensión de la celda.

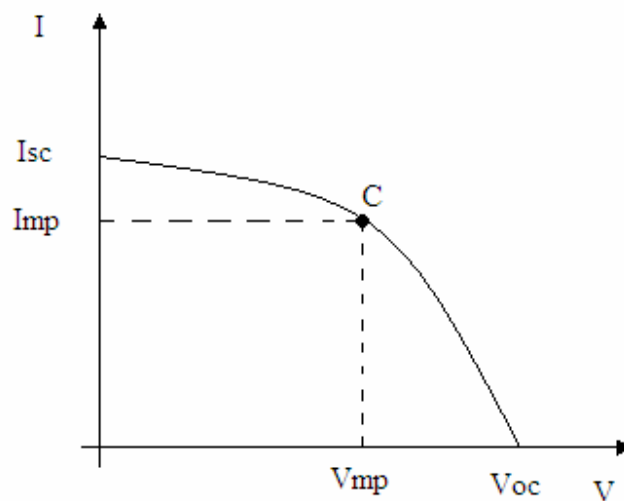
Figura N° 2

Circuito Equivalente de una Celda fotovoltaica



Fuente: Principios de Ingeniería Solar. Frank Kreith

Figura N° 3
Curva I-V

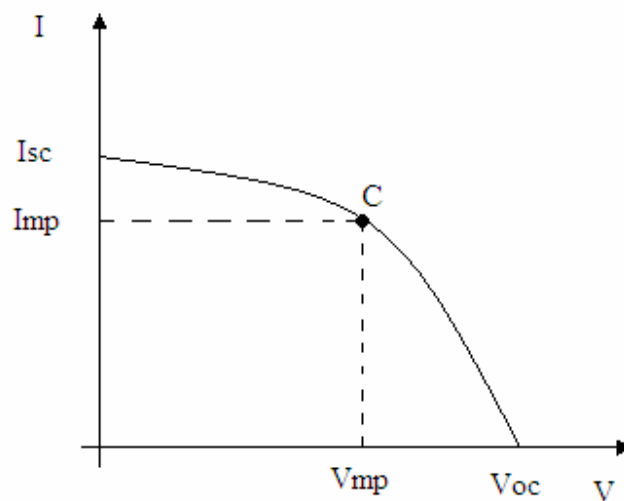


Fuente: Sistemas Fotovoltaicos por el método de las curvas. William Beckman

- Potencia Máxima de una Celda Solar

La potencia máxima se puede obtener mejorando el producto de I y V . Es este punto donde el V_{mp} es inferior a V_{oc} . La Celda se puede colocar a un punto máximo de potencia aplicando una tensión V_{mp} externa el cual pudiera ser colocando una resistencia de carga $R = V_{mp}/I_{mp}$.

Figura N° 4
Punto de Máxima Potencia

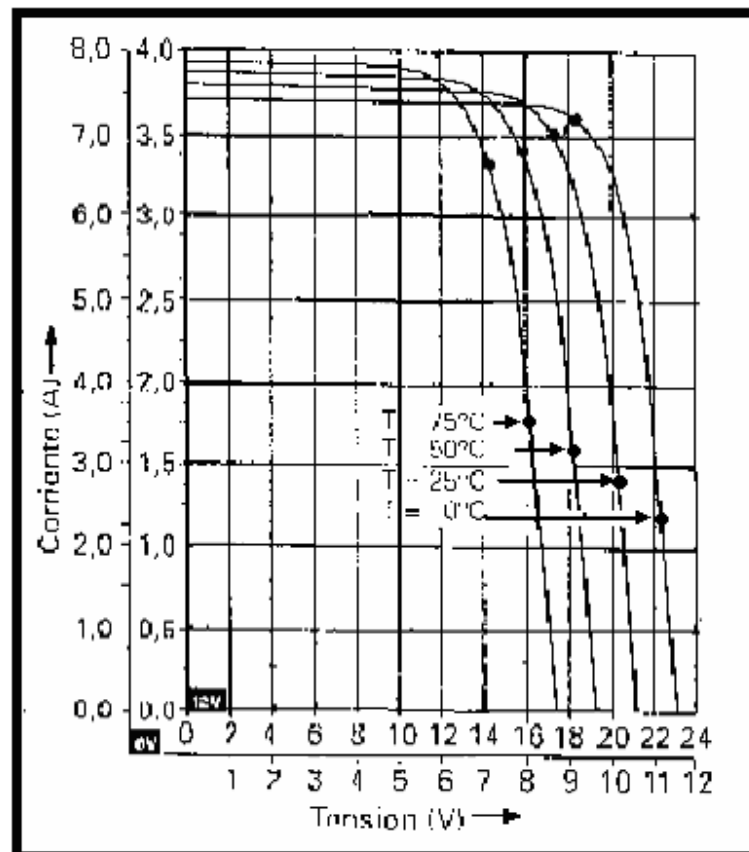


Fuente: Sistemas Fotovoltaicos por el método de las curvas. William Beckman

- Influencia de la Temperatura en la eficiencia de la celda

El rango de eficiencia de una celda solar se mantiene por el orden del 8 al 15%. Su exactitud dependerá de varios factores y uno de ellos es la temperatura. En la corriente, aumenta 0.5mA por cada grado Celsius de aumento y por otro lado el voltaje terminal disminuye 2mV por grado Celsius de aumento de temperatura.

Figura N° 5
Efecto de la temperatura sobre las
Características de las celdas solares.



Fuente: Solares corp.

- Rendimiento de una Celda solar

Se define como la relación entre la energía eléctrica que se puede extraer al máximo punto de potencia de la curva I-V y la luz incidente.

$$\eta = \frac{P_{\max}(\text{dispositivo}) \times 100\%}{P(\text{energía})}$$

$$\eta = \frac{P_{\max}(\text{mod}) \times 100\%}{\text{Área}(m^2) \times \frac{1Kw}{m^2}}$$

(Ec. N° 10)

3.2.3 Estructura de un Generador Fotovoltaico

Normalmente se componen de los siguientes elementos: El panel fotovoltaico, donde la energía solar se convierte en corriente continua, el regulador, el convertidor electrónico para invertir la corriente continua en alterna, y el elemento de almacenamiento (baterías).

3.2.3.1. Panel Fotovoltaico

Los paneles solares o también llamados módulos solares, transforman directamente la energía de la luz del sol en corriente eléctrica continua. Ante esto si existe mas intensidad de luz solar que se este proporcionando al módulo, este será mas capaz de producir más energía eléctrica.

La energía que proporciona el modulo fotovoltaico viene determinada por una serie de factores que aumentan o disminuyen su cantidad, es por ello que se emplean paneles tanto en paralelo como en serie dependiendo del arreglo del que lo diseña,

con la finalidad de proporcionarle y/o suministrarle cualquier potencia a cualquier voltaje.

Generalmente los módulos tienen una cubierta frontal de vidrio templado y un marco de aluminio que facilita su transporte e instalación, debido a que no posee partes móviles sus fabricantes los definen como muy confiables y duraderos y son garantizados normalmente hasta por 25 años.

Los módulos fotovoltaicos se pueden instalar sobre el terreno, techos y postes; si la inclinación y orientación del techo lo permiten, se pueden instalar los módulos sobre rieles fijados con tornillos a miembros principales del techo.

Los paneles necesitan muy poco mantenimiento y raramente fallan, tan solo es necesario mantenerlos libres de sombra durante el año. El polvo no afecta significativamente la generación, pero en grandes cantidades pudiera fungir como sombra y minimiza su efectividad.

- Cálculo del Número de Módulos del Sistema

Módulos en paralelo

$$Nmp = \frac{CTD}{\frac{A-h}{\text{día}} \times FM \times EC}$$

(Ec N° 10)

Donde:

Nmp= Número de módulos en paralelo

CTD= Carga total diaria

A-h/día = Amperios horas mínimos que proporciona el módulo

FM= Factor módulo luego de 10 años

EC= Eficiencia de descarga

- Módulos en Serie

$$Nms = \frac{Vns}{Vnm}$$

(Ec. N° 11)

Donde:

Nms = Número de módulos en serie

Vns = Voltaje nominal del sistema

Vnm = Voltaje nominal del módulo

- Total módulos del sistema

$$\text{Total de módulos} = Nmp * Nms$$

(Ec. N° 12)

3.2.3.2. El Regulador

El regulador es un dispositivo que controla el sistema fotovoltaico, a su vez sirve de enlace entre los modulos, baterias y cargas. Estos mantienen monitoreado el sistema e indica cuando funciona en condiciones favorables y desfavorables. Normalmente cuando el sistema opera en forma favorable la generacion excede la demanda, es aquí cuando entra en funcionamiento el regulador, para disipar el exceso de potencia con la finalidad de prevenir sobrecargas en las baterias y asimismo entra en funcionamiento cuando existe mas demanda que generacion y se revierte su

actividad para evitar una sobre-descarga a las baterías y así prolongar una vida útil aceptable a el almacenamiento de la energía.

Entre algunas funciones del regulador se tiene:

- Desconexión del sistema en caso de baja y alta tensión en las baterías
- Control ajustable de corriente y tensión.
- Control de flujo de corriente de los paneles a la batería.

El regulador normalmente trabaja al voltaje del sistema es decir de 12 a 24 V. Deben tener suficiente capacidad de corriente para manejar las corriente de entrada del regulador que deben ser de por lo menos 50% mayor que la corriente de corto circuito del arreglo fotovoltaico.

Si la profundidad de carga de las baterías se encuentra en un rango menor a 90 horas de proporción es necesario utilizar un regulador y su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$P.P.C = \frac{NBp \times C.I.B}{Nmp \times Im p}$$

(Ec. N° 13)

Donde:

PPC: Pico de proporción de carga.

CBI: Capacidad de la batería instalada

Nmp: Número de módulos en paralelo

Imp: Corriente de máxima potencia del modulo.

NBp: Número de Baterías en Paralelo

Asimismo es necesario tener en cuenta que el sistema puede utilizar varios reguladores, esto se debe a la cantidad de módulos en paralelo, corriente del módulo y la corriente que pueda proporcionar el regulador, asimismo el arreglo de los reguladores debe ser dividido en sub-arreglos para tener seguridad en el nivel de corriente que pueda proporcionar cada uno. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación:

$$NCSA = \frac{Nmp \times Im_p \times 1.25}{CDC}$$

(Ec. N° 14)

Donde:

NCSA: Número de controladores y sub arreglos

Nmp: Número de módulos en paralelo

Imp: Corriente de máxima potencia del módulo

CDC: Corriente del controlador.

3.2.3.3 Las Baterías

La batería es un dispositivo que almacena la energía eléctrica, convierte la energía química que se encuentra acumulada, por medio de una reacción electroquímica de oxidación y reducción. La vida de una batería está dada en ciclos, y depende de la cantidad de veces que se carga y descarga.

- Elementos que integran una Batería

Los elementos que integran, usualmente, una batería de plomo ácido de uso estacionario, son los que se mencionan a continuación:

1. El componente: formación de placas positivas y negativas separadas, aisladas y soldadas unas de otras a una banda de plomo.
2. Electrolito: es una mezcla líquida de ácido sulfúrico diluido, donde se encuentra el componente.
3. Recipiente de la Batería: Es el envase donde se encuentran los elementos nombrados anteriormente, normalmente resistente, y con tapa de plástico con salidas para los terminales y su respectiva ventilación.

- Cálculo de las Baterías

La finalidad es evaluar que cantidad de baterías son necesarias para que las cargas operen durante un periodo que no se reciba energía solar, los cuales vienen a ser los días de autonomía del elemento de almacenamiento.

Existen varios factores que deben tomarse en cuenta para el dimensionamiento de las baterías, entre ellos tenemos:

- 1) La temperatura del sitio donde se va a instalar el sistema fotovoltaico.
- 2) Factor de corrección de la capacidad de la batería, el cual depende de la temperatura de la zona.

- 3) Máxima profundidad de descarga, que es el porcentaje de la capacidad nominal de extracción o descarga de energía de la batería, usualmente su valor esta entre 70 y 80 %
- 4) Número de días de autonomía

- Capacidad de las Baterías

$$C.D.B = \frac{D.A \times C.D}{M.P.D \times F.C.C}$$

(Ec. N° 15)

Donde:

C.D.B = Capacidad de la batería, valor en Amp-horas para una descarga completa para el sistema.

D.A = Días de autonomía requeridos.

C.D = Carga total diaria (A-h)

M.P.D = Máxima profundidad de descarga

F. C. C = Factor de corrección de capacidad por efecto de la temperatura.

- Numero de Baterías en Paralelo

$$NBp = \frac{C.D.B}{C.I.B}$$

(Ec. N°16)

Donde:

NBp = Número de baterías en paralelo

C.D.B = Capacidad de la Batería

C.I.B = Capacidad individual de la Batería seleccionada, este valor varia dependiendo del tipo de batería que se escoja en el proyecto.

- Número de Baterías en serie

$$NBs = \frac{VNS}{VNb}$$

(Ec. N° 17)

Donde:

NBs = Número de baterías en serie

VNS = Voltaje Nominal del Sistema

VNb = Voltaje nominal de la Batería

- Número Total de Baterías

$$\text{Total de Baterías} = NBp * NBs$$

(Ec. N° 18)

- Eficiencia de las Baterías

La eficiencia de las baterías significa la cantidad de energía promedio durante la descarga comparada con la energía de carga que se necesita para proporcionar a la batería un estado máximo de descarga.

Típicamente la eficiencia de las baterías, es muy buena cuando se presenta una proporción de carga relativamente lenta en los sistemas fotovoltaicos, en los mayoría de los casos se utiliza un valor de 95%.

3.2.3.4 Inversor

El inversor es utilizado para convertir energía DC a AC, mediante la transformación de la corriente y tensión. El sistema fotovoltaico opera en corriente continua y si se desea alimentar cargas en AC, se necesita de un convertidor para transformar la corriente DC en AC.

Los inversores poseen diferentes características relacionadas con las fases, frecuencia, la tensión y ondas que producen en AC; operan en rangos que van desde pocos vatios de salida hasta cantidades elevadas, sus características se mencionan a continuación:

1) Capacidad de Onda

Este valor esta relacionado con la potencia necesaria para poner en funcionamiento todas las cargas, ya que en algunos casos se necesita más potencia de la nominal.

2) Eficiencia

El inversor consume algo de potencia y es necesario añadirlo a la potencia total del sistema fotovoltaico. Normalmente su eficiencia trabaja en valores cercanos al 90%.

3) Voltaje de Regulación

El voltaje de salida debe ser el adecuada para las cargas, ante esto el inversos debe ser capaz de compensar la caída en el voltaje de las baterías.

4) Forma de Onda

La corriente alterna que producen los inversores puede ser de onda cuadrada, senoidal modificada o cuasi-senoidal. Los de onda cuasi-senoidal, tiende a ser de mayor calidad y eficiencia, aunque tienen un costo mayor que los de onda senoidal y cuadrada.

Los de onda cuadrada suelen ser perjudiciales por la alta distorsión armónica del voltaje, en la mayoría de los inversores disponibles son de onda senoidal modificada, ya que pueden conseguirse de baja distorsión armónica, alta eficiencia y calidad.

5) Distorsión Armónica

Cuando se transforma corriente y tensión DC-AC, se producen señales de diferentes frecuencias. La primera señal a 50 o 60 hertz, es llamada 1er. armónico o de frecuencia fundamental, la potencia en los otros armónicos especialmente en el tercero, debe ser minimizado.

3.2.4 Información Necesaria para diseñar un Sistema Fotovoltaico

- Información del Ambiente

1. Irradiación

Esta información es fundamental para el diseño del sistema, donde se debe conocer la irradiación mensual del lugar donde se piensa instalar el sistema.

2. Temperaturas

Se debe conocer los promedios mensuales mínimos y máximos. El conocimiento de las temperaturas máximas y mínimas se necesita para predecir las pérdidas en los módulos.

3. Latitud y Longitud del Lugar

Son fundamentales para determinar la irradiación sobre la superficie inclinada.

4. Angulo de inclinación

Esta información nos proporciona la mayor cantidad de irradiación posible que se puede captar con el sistema.

5. Requerimientos de autonomía

Esta información nos la puede proporcionar la cantidad de días que permanece nublada la zona mensualmente, aunque normalmente se estima para los días que exista poca irradiación solar.

- Información de las Cargas

1. Voltaje Nominal del Sistema

Se requiere del voltaje típico de la carga, por ejemplo 12Vdc. 24Vdc, 120 Vac, etc.

2. Ciclos de la Carga

Se requiere conocer el tiempo que es consumida parte de la cantidad de corriente. Si la carga tiene diferentes niveles de corriente, el tiempo para cada una en un día típico debe ser especificado

3. Requerimientos de Corriente de la carga.

El propósito del sistema fotovoltaico es alimentar las cargas o aparatos de consumo eléctrico. Esta información es requerida para conocer la cantidad de corriente que cada carga necesita ya que en caso puede variar la información dependiendo de lo que consume cada equipo.

- Calculo de la Cargas para el Sistema Fotovoltaico.
- 1) El propósito del calculo de las cargas, es obtener la cantidad de A-h/día de la carga DC y AC, las cuales van a determinar el arreglo del diseño FV, incluyendo las baterías las cuales suplirán la energía en caso de poca generación de energía solar.
 - 2) Determinar la Potencia de cada una de las cargas tanto en DC como en AC.
 - 3) Especificar los aparatos a utilizarse, el número de unidades, y el consumo por unidad de cada aparato.
 - 4) Determinar el uso de horas diarias y por semana, a cada uno de los aparatos.
 - 5) Calcular el consumo promedio de W-h/día de uso de cada aparato tanto para las cargas AC como DC.

- 6) Determinar la potencia máxima a ser utilizada en cada una de las cargas, para calcular el inversor a ser utilizado.
 - 7) A la cantidad de W-h/día de las cargas en AC se debe aplicar un factor de corrección que será el proporcionado por el inversor a utilizar, y este es las perdidas que se obtienen de la conversión de DC a AC.
 - 8) La cantidad de W-h/día totales de las cargas AC como DC, se dividen por el voltaje de entrada del inversor en DC, para obtener los A-h/día requeridos para el arreglo de los módulos solares y las baterías.
- Energía disponible en el lugar de instalación de los Módulos Fotovoltaicos

La energía disponible en el lugar de instalación son los Kw-h, que son proporcionados por los cálculos efectuados y que son reflejados por la irradianza global sobre una superficie inclinada.

Para calcular los A-h que un modulo puede generar se multiplica las horas pico por la corriente nominal del modulo.

$$\text{A-h/ día del modulo} = \text{horas pico} * \text{Imp}$$

(Ec. N° 19)

Donde:

Horas pico = horas que son convertidas por la Energía total mensual asumiendo 1Kw/m^2 .

Imp = Corriente nominal modulo proporcionada por el fabricante.

3.2.5 Selección de Conductores, Tuberías y Protecciones

Para la selección de los elementos que conforman una instalación eléctrica, se tomaran los criterios señalados por el Ing. Francisco González Longatt, que indica en su texto “Curso de Instalaciones Eléctricas” Sección cuatro (04), publicado en el año 98, el cual establece la selección de elementos que conforman una instalación eléctrica:

- Especificación de Conductores

Especificación de las Características Físicas del Conductor:

- 1) Selección del material conductor
- 2) Consideraciones de requisito de aislamiento
- 3) Consideración de la resistencia mecánica del conductor.

Especificación del Calibre del conductor:

- 1) Selección del conductor por capacidad de corriente.
- 2) Selección del conductor por caída de tensión.
- 3) Selección del conductor de neutro y puesta a tierra.

En esta selección debemos estimar que la definitiva, será la selección que nos de mas desfavorable, es decir la de un calibre mayor.

- Selección del Material Conductor

Según González F.1998 “En instalaciones eléctricas residenciales, de menos de 600 V, los conductores empleados son comúnmente de hilos trenzados helicoidalmente a base de material estirado de cobre.”

- Selección de Aislante o revestimiento del conductor

En la tabla 310-10 del Código Eléctrico Nacional (C.E.N), se mencionan los diferentes tipos de aislamiento para instalaciones eléctricas, según González F. 1998 “En las instalaciones residenciales de hasta 600 V, los tipos de aislante mas usados son:

- 1) Aislante Termoplástico resistente a la humedad. TW
- 2) Aislante termoplástico resistente a la humedad y calor. THW
- 3) Aislante de goma tipo RH o TTU.

- Consideraciones de Resistencia Mecánica

Según González F. 1998 “En las instalaciones eléctricas residenciales, comúnmente los esfuerzos mecánicos mayores son producto de la instalación”, lo que para este dimensionamiento no se tomará en cuenta.

- Selección del Conductor por Capacidad de Corriente

Para escoger un conductor por medio de la capacidad de corriente se debe estimar la corriente que circulara por la carga. Según González F. 1998 “ La Selección por Capacidad de Corriente tiene por objeto dimensionar el conductor de modo que el calor producido por el paso de la corriente de carga normal, no eleve su temperatura por encima de los valores permitidos en forma continua por él o por su propio aislante.”

Los factores que determinan la capacidad de corriente son los siguientes:

- 1) Material aislante.
- 2) Material del conductor.
- 3) Temperatura del lugar donde se va a instalar.
- 4) Presencia en la conducción de corriente, de otros elementos que influyan.
- 5) Tipo de canalización.

Según González F. 1998 “Para emplear las tablas normalizadas (Ver Anexo F), se debe adaptar las corriente de diseño a las condiciones para las cuales fueron elaboradas las tablas, para tal efecto se define la siguiente ecuación:

$$I_{\text{correg}} = \frac{I_{\text{diseño}}}{F_t \times F_d \times F_b}$$

(Ec. N° 20)

Donde:

F_t: Factor de corrección de temperatura, se emplea para reflejar en la corriente, el efecto de aumentos de la temperatura ambiental por encima de los 30° C en los conductores.

F_d: Factor de corrección por ducto, se emplea para contemplar el efecto de la presencia de 3 o más conductores en una tubería.

F_b: Factor de corrección por bancada, sirve para incluir el efecto que se genera, cuando los conductores por donde circula la corriente, se reparten en bancada de mas de una tubería.”

- Selección del Conductor por caída de tensión

Según González F. 1998 “La selección por caída de tensión, tiene por objeto, dimensionar el conductor eléctrico, a fin de que la caída de tensión que se produce al circular la corriente de carga en él, no supere los límites admisibles.”

La selección por caída de tensión, permite escoger el calibre de un conductor, en función de la caída de tensión en forma porcentual. Se define la capacidad de distribución (CD) como las siguientes expresiones:

$$CD_{(diseño)} = I_{(diseño)} * L \quad (Ec. N^{\circ} 21)$$

Donde:

$I_{(diseño)}$ = Corriente de diseño.

L = Longitud entre los elementos (Modulo-Regulador)

Según González F. 1998 “Para emplear las tablas normalizadas, se debe adaptar las Capacidad de distribución (CD) a las condiciones para las cuales fueron elaboradas las tablas, para tal efecto se define la siguiente ecuación:

$$CD_{correg} = \frac{CD_{diseño}}{F\Delta v \times F_{sv}} \quad (Ec. N^{\circ} 22)$$

Donde:

$F\Delta v$ = Factor de corrección por caída de tensión, se emplea en sistemas cuya caída de tensión es diferente al 2% establecido como máximo en las tablas de Capacidad de Distribución:

$$F\Delta v = \frac{\Delta v_{nuevo}}{2\%}$$

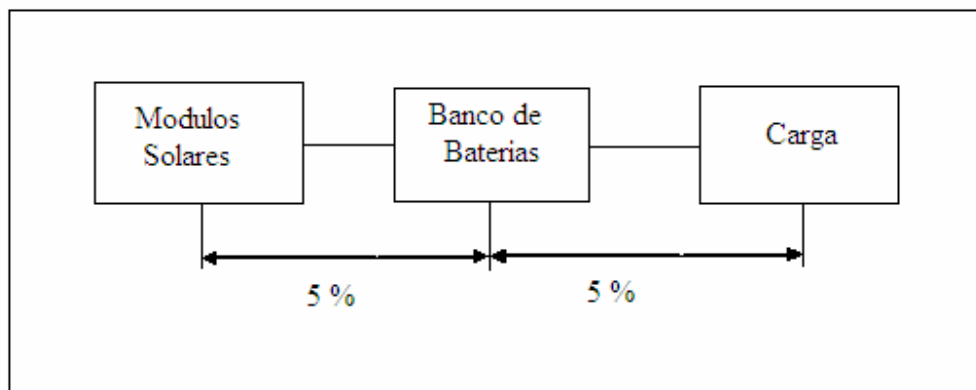
(Ec. N° 23)

Fsv = Factor de corrección por sistema de alimentación, este valor no se tomara en cuenta, ya que el sistema es de 110 V.

A nivel residencial, normalmente, las cargas de alumbrado se alimentan de 120 V, es así como los equipos electrodomésticos trabajan con una tolerancia de (+ ó -10 %) de tensión nominal, valor que viene diseñado de fabrica. En un sistema fotovoltaico se permiten los siguientes valores máximos de caída de tensión:

Figura N° 6

Máxima caída de tensión permitida en los Sistema Fotovoltaicos



Fuente: Kyocera Inc. Corp.

- Selección de Tuberías

Seguidamente de determinar el tipo de conductor de fase, neutro y puesta a tierra, se debe dimensionar el tipo de tubería y bancada donde se alojara el conductor. Se debe tener en cuenta el dejar espacios libres en caso de futuras ampliaciones a la

carga conectada. En caso de resultar varios conductores por fase, es recomendable colocarlos con su neutro en tuberías por separado.

- Selección de Protecciones

Normalmente la protección utilizada para este tipo de sistemas, son los interruptores termomagnéticos para obtener la protección adecuada, se utiliza la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{I_d + I_c}{2}$$

(Ec. N° 24)

Donde:

I_p = Corriente de protección del interruptor

I_d = Corriente de diseño

I_c = Corriente de carga máxima permisible del conductor seleccionado.

- Interruptores y Fusibles

Para el diseño del sistema fotovoltaico es imprescindible la colocación de una protección entre cada elemento que constituye el sistema. Según el C.E.N 690-9, los circuitos de las fuentes de energía fotovoltaica deben estar protegidos contra sobrecorrientes. Asimismo el C.E.N, establece en sus artículos 690-16 y 690-17, todas las condiciones donde son necesarias la instalación de interruptores y fusibles, como medios de desconexión en caso de alteraciones y/o protecciones del sistema.

- Puesta a Tierra

Según el C.E.N 690-41, “En todas las fuentes de energía fotovoltaica debe haber un conductor de una instalación bipolar de más de 50 voltios y el neutro de un sistema tripolar que estén sólidamente puestos a tierra.”

Es importante mencionar que en todos los sistemas fotovoltaicos, así como en todos los circuitos eléctricos, es necesario la puesta a tierra, es por ello que todas las superficies metálicas así como los módulos solares, controladores, deben ser puestos a tierra, es por ello que se debe buscar el punto de conexión a tierra lo más cerca posible de la fuente de generación fotovoltaica.

- Calibre del Conductor de Puesta a Tierra

Según el C.E.N 690-45, “En los sistemas fotovoltaicos en los que la intensidad de cortocircuito de la fuente de alimentación sea menor del doble de la intensidad nominal del dispositivo de sobreintensidad, el conductor de tierra de los equipos debe tener una sección no inferior a la de los conductores de los circuitos. En otros sistemas el conductor de tierra debe tener una sección que cumpla lo establecido en el Artículo 250-95 del C.E.N

3.3 Energía Eólica

3.3.1 El aire

Los rayos del sol son la fuente de todo tipo de vida normal en la tierra, estos crean temperaturas en diferentes localizaciones alrededor del mundo, para expandir el aire en las zonas calientes y contraerlas en las frías. En las zonas donde el aire es

expandido se crea una baja presión barométrica y el aire contraído hace lo inverso, una alta presión barométrica, formándose una diferencia de presiones, la cual es compensada cuando el aire se pone en movimiento.

Las regiones alrededor del Ecuador, son calentadas en mayor proporción por los rayos del sol que en otras regiones o zonas del globo terrestre. El aire caliente es más ligero que el aire frío, por lo que subirá hasta alcanzar una altura aproximada de 10Km, y se extenderá hasta el norte y hacia el sur. Si la tierra no rotase, simplemente el aire llegaría hasta polo norte y polo sur para posteriormente descender y volver al ecuador.

3.3.2 La energía del Viento

El viento son moléculas de aire en movimiento. A la energía por el movimiento también se le denomina energía cinética, ante esto la energía del viento (eólica) es la energía cinética de las moléculas del aire.

La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa (o su peso), de esa forma la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir de su masa por unidad de volumen. Asimismo, el aire es más denso cuando hace frío que cuando hace calor, a grandes altitudes, la presión del aire es más baja y el aire es menos denso.

La velocidad del viento es un factor muy importante para la cantidad de energía que puede proporcionar un aerogenerador para convertirla en energía eléctrica, es por ello que la energía que posee el viento varía con el cubo (la tercera potencia) de la velocidad media del viento.

3.3.3 Aerogeneradores

El concepto de aerogenerador se encuentra relacionado directamente con la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento que mueve una turbina, a través de sus rotores o palas.

Son diversas las características que posee un aerogenerador, se nombran a continuación las partes más importantes y/o fundamentales:

- **Góndola:** Constituye una de las partes fundamentales del aerogenerador y consiste de un dispositivo que contiene los componente principales (multiplicador, generador eléctrico, eje de alta y baja velocidad, sistema hidráulico y otros elementos, dependiendo del tipo de generador)
- **Rotor:** El rotor es la estructura que contiene las palas, se pone en movimiento por la acción de la energía cinética del viento, el cual captura el viento y transmite su potencia al buje.
- **Buje:** El buje es el elemento que esta acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.
- **Eje de Baja Velocidad:** Es el elemento que conecta al buje del aerogenerador con el multiplicador. En algunas condiciones este eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir la actividad del freno aerodinámico.
- **Multiplicador:** Es el elemento que esta conectado entre el eje de baja y alta velocidad, permite que el eje de alta velocidad gire aproximadamente 50 veces mas rápidamente que el eje de baja velocidad.

- Eje de Alta velocidad: Es el elemento que le proporciona la energía mecánica al generador para ponerlo en funcionamiento. Gira aproximadamente a 1500 r.p.m., usualmente esta equipado con un freno de disco mecánico de emergencia en caso de embalaje o en caso de labores de mantenimiento de la turbina.
- Generador eléctrico: Es el elemento fundamental ya que es el encargado de convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Normalmente para generaciones de poca potencia, se utilizan generadores trifásicos de imán permanente que en algunos casos poseen como componente adicionales, una unidad de refrigeración que contienen un ventilador utilizado para enfriar al generador.
- Sistema hidráulico: Es el elemento utilizado para restaurar los frenos aerodinámicos de aerogenerador.
- Torre: Es el elemento que soporta la góndola y el rotor. Se encuentra de diversos materiales dependiendo de la altura a colocarse y del tamaño del aerogenerador.

Existen en la actualidad un gran desarrollo de modelos de aerogeneradores, la Asociación Danesa de Industria Eólica (2003)., menciona algunos tipos:

- Aerogeneradores de Eje Horizontal: Son los más usados en la actualidad, su eje puede estar colocado paralelo o perpendicular en la dirección del viento, suelen fabricarse de 1,2,3 ó 4 hélices o rotores.

- Aerogeneradores de Eje Vertical: Fueron las primeras máquinas utilizadas para la captación de energía eólica, posee algunas cualidades pero su desarrollo en la industria no experimento grandes avances.

3.3.4 Información necesaria para diseñar un Sistema de Generación Eólica

1. Velocidad del Viento

Esta información es fundamental para el diseño del sistema, donde se debe conocer la velocidad media mensual, así como la velocidad media máxima del lugar donde se piensa instalar el sistema.

2. Energía Requerida

Esta información es fundamental para determinar el tipo de aerogenerador a utilizar, del valor de la carga requerida se tomaran los modelos disponibles en el mercado para seleccionar cual se utilizara.

3. Localización

Esta información se relaciona directamente con algunos aspectos técnicos que pudieran influir para un aprovechamiento adecuado de la velocidad del viento, según la Asociación Danesa de Industria Eólica (2003), se mencionan:

- Rugosidad y Cillamiento del Terreno
- Turbulencias del Viento
- Obstáculos del Viento

- Efecto Túnel
- Efecto Colina

4. Curva de Potencia del Fabricante

Esta información es de gran importancia, ya que nos proporciona la cantidad de potencia que puede proporcionar el modelo seleccionado según la velocidad del viento que se tenga en la zona.

3.3.5 Potencia que produce un Aerogenerador según la Velocidad del Viento

La potencia que es capaz de producir un aerogenerador esta relacionada directamente con la velocidad del viento. Según la Asociación Danesa de Industria Eólica (2003), La potencia del viento que pasa perpendicularmente a través de un área circular viene dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \times (\rho \times V^3 \times \pi \times r^2)$$

(Ec. N° 25)

Donde:

P = Potencia del viento medida en W (vatios).

ρ = (rho) = Densidad del aire seco = 1.225 medida en kg/m³ (kilogramos por metro cúbico, a la presión atmosférica promedio a nivel del mar y a 15° C).

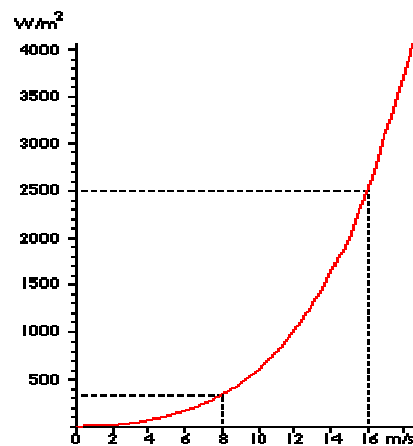
V = Velocidad del viento medida en m/s (metros por segundo)

r = Radio del rotor medido en m (metros)

A continuación se presenta una grafica proporcionada por Asociación Danesa de Industria Eólica (2003), donde destaca la variación de la energía de acuerdo a diversos valores de la velocidad del viento.

Figura N° 7

Variación de la Energía de acuerdo a la Velocidad del Viento



Fuente: Asociación Danesa de Industria Eólica (2003)

3.4 Evaluación Económica de las Fuentes Alternas a Utilizar

Análisis Costo- Beneficio

La evaluación económica de las fuentes seleccionadas, forman parte del análisis de factibilidad del proyecto.

El análisis de costos es necesario realizarlo en todo plan de sistemas de generación de energía eléctrica, con el fin de evaluar los costos operativos asociados con la inversión inicial, a los cuales se consideran los siguientes:

Costo de instalación: En los costos de instalación se encuentran todos los gastos que se deriven de la construcción de las obras civiles, eléctricas y de estructuras tanto solar como eólicas.

Costo de Operación y mantenimiento: En este costo se incluye la operación de los equipos, materiales, mantenimiento y reparación. Para la evaluación se puede considerar un porcentaje del costo de adquisición de los equipos o se calcula de acuerdo a la comparación que se vaya a realizar, los cuales son generalmente proporcionados por el fabricante.

Costo del Seguro: Al igual que los costos de operación y mantenimiento, este es considerado como un porcentaje del costo del equipo generalmente proporcionado por el fabricante. Este costo representa un gasto fijo y por lo tanto su valor es el mismo a lo largo del proyecto.

En la aplicación de las posibles fuentes alternas, se realizará una representación de los gastos que ocasiona el sistema actual para realizar una proyección de cuanto costo simboliza la instalación de dichas fuentes, en donde se evaluará del sistema actual los siguientes costos mensuales:

- Costos operativos del sistema.
- Costos de reparación y/o mantenimiento.
- Costos de transporte.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de Investigación

La metodología que se utilizó para la investigación, según lo definido por el manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (U.P.E.L.), corresponde a un proyecto factible:

“Es el proyecto que consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo vigente o una solución a un problema práctico, para satisfacer las necesidades de una institución o un grupo social. La propuesta debe tener un apoyo bien sea de una investigación de campo o en una investigación tipo documental; y puede referirse a la formación de políticas, programas, tecnologías, métodos y procesos.”

En la presente investigación se evaluaron una serie de factores por medio de los cuales se utilizan las fuentes alternas de energía, y se efectuó una propuesta que pudiera solucionar las deficiencias de energía eléctrica que presentan los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional en la Frontera Suroeste del País.

Los diseños efectuados se realizarán en un plano descriptivo por cuanto se especificarán las dimensiones de los sistemas y se efectuará una evaluación técnico-económica de los beneficios que aportarán a las Unidades Militares.

4.2 Área de la Investigación

La investigación se desarrollo, en el Departamento de Proyectos del Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional de Venezuela, ya que allí surgió la idea de realizar la evaluación técnico-económica, para utilizar Fuentes Alternas de Energía para electrificar Puestos Fronterizos, además allí se cuenta con parte de la información necesaria para la elaboración de la presente investigación.

Las unidades de análisis lo constituyen los Puestos Fronterizos (Cararabo, Buena Vista del Meta, San Carlos del Meta, Sta. Cruz de Atabapo, Solano, Sta. Lucia, La Esmeralda y Tama-Tama), pertenecientes al Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional, donde se obtuvieron los datos para dimensionar los sistemas propuestos.

4.3 Técnicas de Recolección de Datos

4.3.1 Fuentes Primarias

Constituye la obtención de los datos de primera mano a través de libros, artículos de publicaciones periódicas, tesis documentos oficiales, reportes, trabajos presentados en conferencia, seminarios o testimonios de expertos.

4.3.2 Fuentes Secundarias

Consiste en la obtención de información a través de compilaciones, resúmenes, listados que procesan información de primera mano.

4.3.3 Fuentes de Campo

- Observación Directa

Se realizó una visita a la Sede del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional en Puerto Ayacucho Edo. Amazonas donde se recibió parte de la información necesaria para la evaluación de las condiciones técnicas de los Puesto Fronterizos.

- Encuestas

Se realizaron una encuesta, donde se solicitó información relacionada con la investigación, acerca de las características actuales de los Puestos Fronterizos, las cuales otorgaron un marco de referencia para el análisis de la investigación.

4.4 Procedimiento de la Investigación

Se realizó una evaluación completa de los diferentes Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional que presentaran las condiciones mínimas de deficiencia eléctrica, para efectuar una muestra representativa de los Puestos Fronterizos a evaluar.

Luego se efectuó una inspección a la zona donde se encontraban las Unidades Militares de la presente investigación, la cual facilitó efectuar una clasificación de las diferentes características que presentaban los Puestos Fronterizos. Se caracterizaron las cargas AC y DC de las Unidades, para luego efectuar una ponderación de las condiciones meteorológicas de cada zona y efectuar una posible propuesta de diseño de alguna Fuente Alternativa de Energía.

Se definieron las zonas, posibles de algún dimensionamiento de sistemas alternos, donde se efectuó evaluación técnico-económica de cada sistema y se establecieron posibles soluciones a la aplicación de cada uno de ellos.

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA EJECUCIÓN DE LAS PASANTIAS

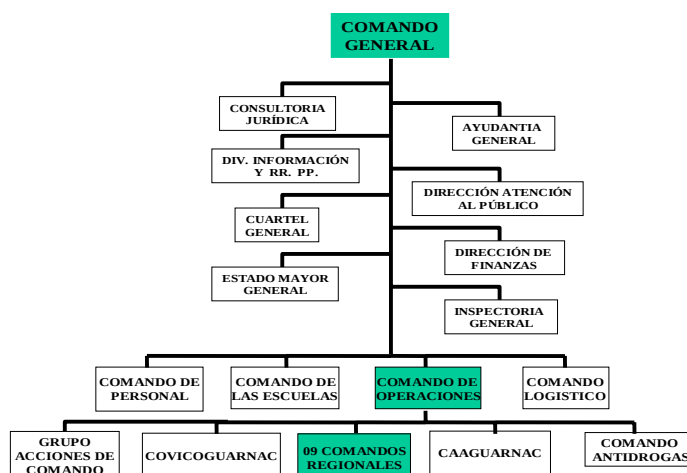
5.1 Descripción del Sistema Actual

La Guardia Nacional de Venezuela, presenta una estructura organizacional que se inicia con un (01) Comando General, un (01) Comando de Operaciones y con un despliegue operacional con grandes unidades (Comandos Regionales), Destacamentos, Compañías, Pelotones y Puestos que es el mínimo escalón, en la organización operacional del Componente.

A continuación se presenta el despliegue organizacional operacional del Componente Guardia Nacional:

Figura N° 8

Organización Macroestructural de la Guardia Nacional



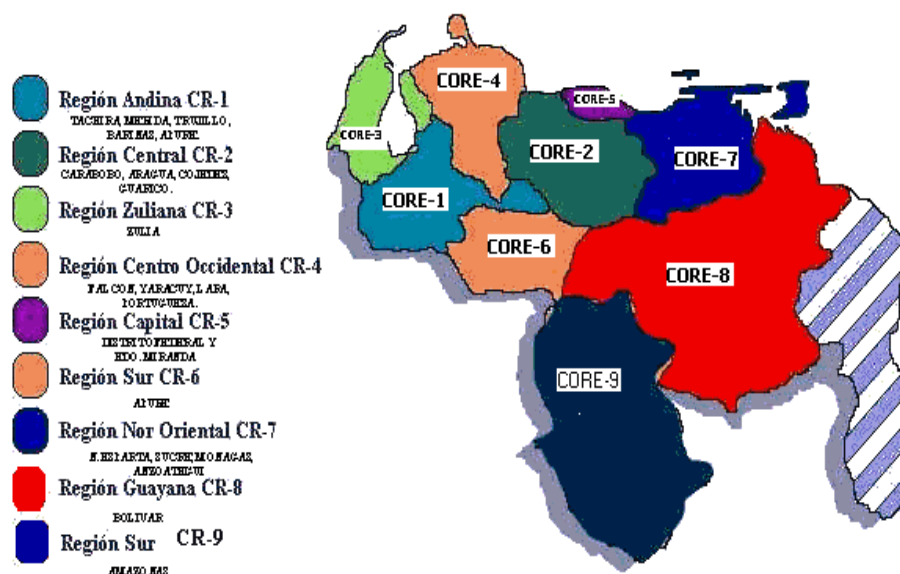
Fuente: Comando de Operaciones de la Guardia Nacional (2004)

Los Comandos Regionales, son las grandes unidades operativas de la Guardia Nacional, se encuentran desplegadas por regiones geográficas en todo el Territorio Nacional, en cada uno de ellos se cumplen con las funciones inherentes a los servicios institucionales, tales como Seguridad, Resguardo y Guardería. Su estructura operacional se divide en Destacamentos, Compañías y Pelotones, que en algunos casos varía de acuerdo a las actividades que realiza el Componente en determinadas regiones.

En la siguiente figura se presenta el despliegue operacional del componente Guardia Nacional, estructurado por Comandos Regionales:

Figura N° 9

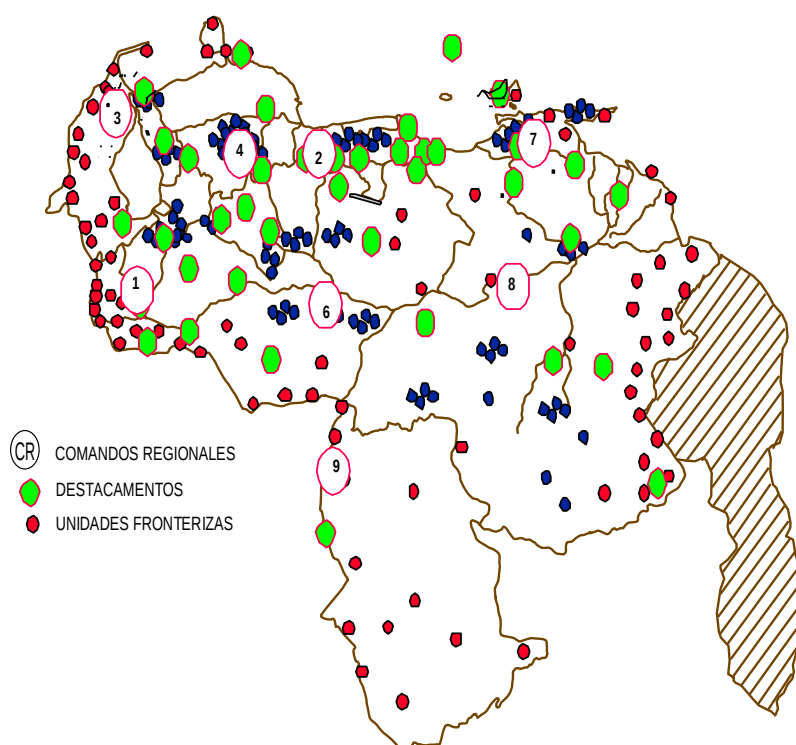
Despliegue Operacional de la Guardia Nacional por Comandos Regionales



Fuente: Comando de Operaciones de la Guardia Nacional (2004)

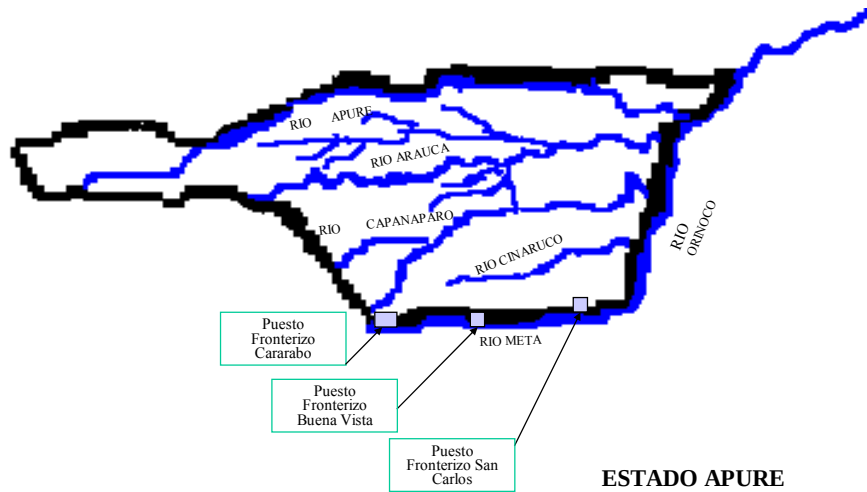
En las siguientes figuras, se muestran los Comandos Regionales con sus respectivos Destacamentos y Unidades Fundamentales, asimismo se indican los Puestos Fronterizos, pertenecientes al Comando Regional N° 9, que fueron seleccionados para el análisis y evaluación, clasificándolos por zonas, de acuerdo a las variables climatológicas de las estaciones meteorológicas recibidas del Servicio de Meteorología la Aviación Militar Venezolana.

Figura N° 10
Despliegue Operacional de la Guardia Nacional
Destacamentos y Unidades Fronterizas



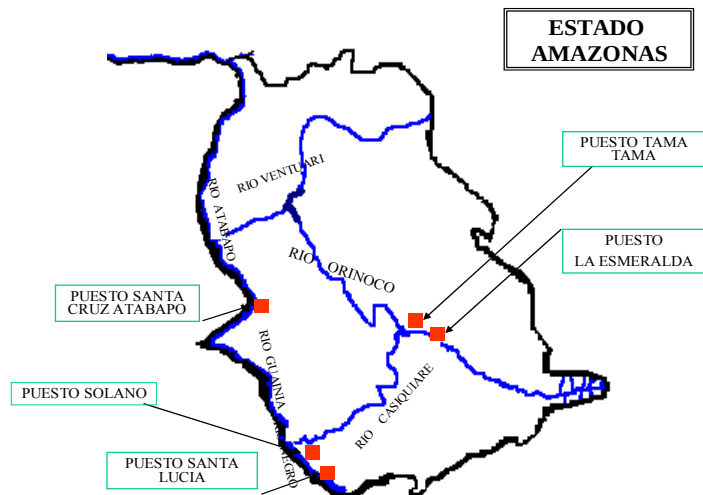
Fuente: Comando de Operaciones de la Guardia Nacional (2004)

Figura N° 11
Puesto Fronterizos de la Zona de San Fernando de Apure



Fuente: El Autor

Figura N° 12
Puesto Fronterizos de la Zona de Puerto Ayacucho



Fuente: El Autor

A continuación se describe la situación actual de los Puestos Fronterizos seleccionados, donde se menciona su ubicación actual y las condiciones eléctricas que presentan:

Puesto de San Carlos del Meta (2do. Pelotón 3ra. CIA DF-91)

Ubicación del Puesto

El Puesto de San Carlos del Meta se encuentra ubicado en la población de San Carlos, Municipio Autónomo Pedro Camejo del Edo. Apure, Coordenadas Geográficas 6°12'36'' Latitud Norte, 67°27'10'' Longitud Oeste y en la cota de 62 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto fronterizo de San Carlos del Meta, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Sumselt, de cinco (05) kilovolt-Amperes (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar algunas cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con cuarenta (40) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y el banco de baterías del sistema fotovoltaico se encuentra inoperativo, se desconocen las causas.

Puesto de Buena Vista (3er. Pelotón 3ra. CIA DF-91)

Ubicación del Puesto

El Puesto de Buena Vista del Meta se encuentra ubicado en la población de Buena Vista, Municipio Autónomo Pedro Camejo del Edo. Apure, coordenadas geográficas 6°10'11'' Latitud Norte, 68°35'22'' Longitud Oeste y en la cota de 69 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto fronterizo de Buena Vista del Meta, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Olympian-Caterpillar, de 13,8 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.8, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con cuarenta (40) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y no posee el banco de baterías de sistema fotovoltaico.

Puesto de Cararabo (4to. Pelotón 3ra. CIA DF-91)

Ubicación del Puesto

El Puesto de Cararabo se encuentra ubicado en el sector Raudal Trapiche, Municipio Autónomo Pedro Camejo del Edo Apure, coordenadas geográficas 6°12'36'' Latitud Norte, 67°27'10'' Longitud Oeste y en la cota de 62 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto fronterizo de Cararabo, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Olimpyam-Caterpillar, la cual trabaja a gas-oil, de 13.8 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.8, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con ochenta (80) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. Posee inversor de corriente y banco de baterías los cuales se encuentra inoperativo, se desconocen las causas.

Puesto de la Esmeralda. (P/C 2da. CIA. DF-94)Ubicación

El Puesto de la Esmeralda, se encuentra ubicado en el sector La Esmeralda, Municipio Alto Orinoco del Estado Amazonas, coordenadas Geográficas 3°10'00'' Latitud Norte y 65°32'10'' y en la cota de 250 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto La Esmeralda, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Perkins, la cual trabaja a gas-oil, de 10 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera ocho (08) horas diarias, con la finalidad de alimentar cargas en corriente alterna AC, instaladas en el referido puesto y cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación.

Asimismo cuenta con cuarenta (40) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y no posee el banco de baterías de sistema fotovoltaico.

Puesto de Tama Tama (2do. Pelotón 2da. CIA DF-94)Ubicación del Puesto Fronterizo

El Puesto se encuentra ubicado en el sector Tama Tama del Municipio Alto Orinoco del Estado Amazonas, coordenadas geográficas 3°09'02'' Latitud Norte, 65°51'18'' Longitud Oeste y en la cota de 250 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto Tama Tama, cuenta con una planta eléctrica, marca lister-peter, la cual trabaja a gas-oil, de cinco (05) kilovolt-Amper, (KVA), a un factor de potencia de 0.8, actualmente se encuentra inoperativa desde hace aproximadamente doce (12) años, se empleaba con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar algunas cargas en corriente alterna c.a instaladas en el referido puesto.

Este Puesto Fronterizo actualmente no posee ningún elemento del Sistema Fotovoltaico.

Puesto de Solano (3er. Pelotón 3ra. CIA DF-94)Ubicación del Puesto

El Puesto de Solano se encuentra ubicado en la población de Solano, Municipio Autónomo Río Negro, coordenadas geográficas 1°58'30'' Latitud Norte, 66°57'20'' Longitud Oeste y en la cota de 80 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto Fronterizo Solano, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Yamaha, la cual trabaja a gas-oil, de 4.5 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con catorce (14) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y no posee el banco de baterías de sistema fotovoltaico.

Puesto de Santa Lucia (4to. Pelotón 3ra. CIA DF-94)

Ubicación del Puesto

El Puesto Fronterizo de Santa Lucia se encuentra ubicado en la población de Santa Lucia , Municipio Autónomo Río Negro, coordenadas geográficas 1°18'21" Latitud Norte, 66°51'14" Longitud Oeste y en la cota de 85 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto Fronterizo Santa Lucia, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Yamaha, la cual trabaja a gasolina, de 4.5 kilovolt-Amperes, (KVA), a un

factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Este Puesto Fronterizo actualmente no posee ningún elemento del Sistema Fotovoltaico.

Puesto de Santa Cruz de Atabapo (3er. Plton 1ra. CIA DF-94)

Ubicación del Puesto

El Puesto Fronterizo de Santa Cruz de Atabapo se encuentra ubicado en la población de Santa Cruz, Municipio Autónomo Guainia, coordenadas geográficas 3°15'16'' Latitud Norte, 67°22'14'' Longitud Oeste y en la cota de 90 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El Puesto Fronterizo de Santa Cruz de Atabapo, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Yamaha, la cual trabaja a gasolina, de 4.5 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con veinticuatro (24) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se

utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. Posee inversor de corriente y banco de baterías los cuales se encuentra inoperativo, se desconocen las causas.

En las Siguietes tablas se muestran los Puestos Fronterizos que cuentan con sistema tradicional (Planta Eléctrica) y los que cuentan con sistema Alterno (Fotovoltaico) especificando sus condiciones actuales:

Tabla N° 5
Puestos Fronterizos con sistema tradicional y alternativo

Puesto Fronterizo	Sistema Tradicional (Posee)	Sistema Alterno (Posee)
San Carlos del Meta	Si	Si (Incompleto)
Buena Vista del Meta	Si	Si (Incompleto)
Cararabo	Si	Si (incompleto)
La Esmeralda	Si	Si (Incompleto)
Tama Tama	Si	No
Santa Cruz Atabapo	Si	Si (Incompleto)
Solano	Si	Si (Incompleto)
Santa Lucia	Si	No

Fuente: El Autor

De la tabla anterior se puede inferir que todos los Puestos Fronterizos (de la investigación), poseen sistema tradicional (Planta Eléctrica) y que seis (06) Puestos, 75 %, posee sistema alternativo fotovoltaico, pero no se encuentra completo, ni operativo; asimismo solamente dos (02) Puestos , 25 %, no poseen sistemas alternos fotovoltaico.

Tabla N° 6
Condiciones Actuales de los Elementos
Existentes del Sistema Alterno en los Puestos Fronterizos

Puesto	Modulo N° Paneles Solares	Controlador de carga	Inversor	Banco de baterías	Comentario
Sta. Cruz Atabapo	24	Si (Operativo)	Si (Inoperativo)	Si (Operativo)	
Tama Tama	No	No	No	No	Solamente planta
La Esmeralda	40	Si	No	No	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)
Solano	14	Si	No	No	Cuatro (04) Módulos Inoperativos (Los Paneles funcionan directamente al radio.)
Santa Lucia	No	No	No	No	Solamente planta
Cararabo	80	Si	Si (Inoperativo)	Si (Inoperativo)	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)
San Carlos del Meta	40	Si	No	Si (Inoperativo)	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)
Buena Vista del Meta	40	Si	No	No	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)

Fuente: El Autor

Durante el desarrollo de la presente investigación, se tomará un (01) Puesto Fronterizo, de cada zona donde se obtuvieron registros meteorológicos, proporcionados por el Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Venezolana; los Puestos seleccionados fueron: Puesto Cararabo (Zona de San Fernando de Apure) y Puesto La Esmeralda (Zona de Puerto Ayacucho), cuya selección fue realizada en criterios propios del investigador, de acuerdo a la mayor cantidad de información que fue obtenida de las mencionadas unidades militares, en base a estos Puestos Fronterizos se dimensionaran los Sistemas Alternos de Energía.

5.2 Factores Característicos de las Cargas

Puesto Fronterizo Cararabo

De acuerdo a la capacidad (KVA) y el factor de potencia de la planta eléctrica:

Potencia Instalada: $13.8 \text{ KVA a fp } (0.8) = 11.08 \text{ KW}$

- Carga conectada (KW):

De acuerdo a la información recabada de las diferentes fuentes de información, acerca de la carga que actualmente se encuentra instalada en los Puestos Fronterizos y tomando valores estándar de potencia de los aparatos electrodomésticos existentes (datos de placa), se presenta las siguientes estimaciones de carga:

Luminarias 08 (50 W)	: 0.400
Radio Comunicaciones	: 0.200
Ventiladores 04 (50 W)	: 0.200
Equipo TV (21")	: 0.080
Decodificador	: 0.060

Licuada : 0.400

Radio Reproductor : 0.055

Total Carga Conectada : 1.395 KW

En esta información se estimó un valor de tres (03) horas que pudiera estar conectada continuamente la carga, de acuerdo a la información que fue proporcionada por el Jefe del Servicio de Comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Kw-h/diarios = 1.395 Kw * 3 h = 4.185 Kw-h/diarios de carga conectada.

- Densidad de Carga:

Carga Conectada : 1.395 KW

Área total Construida: 112 m²

$$D_c = \frac{\text{Potencia(Total)} \text{Carga}}{\text{Unidad(Superficie)}}$$

(Ec. N° 26)

$$D_c = 1395 \text{ W} / 112 \text{ m}^2 = 12.45 \text{ W} / \text{m}^2$$

- Demanda Máxima: Se utilizó un valor aproximado de la carga conectada, ya que en horas de la noche, la mayoría de las cargas se encuentran operando, de acuerdo a información proporcionada por el Jefe de Servicio de Comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Dmax a las 19:00 Hrs : 0.995 KW

- Factor de Utilización:

$$Fu = \frac{D_{\max}(\text{Equipo})}{Potencia(\text{Equipo})}$$

(Ec. N° 27)

$$F.u. = 1.395 \text{ Kw} / 11.08 \text{ Kw} = 0.125 * 100 \% = 12.5 \%$$

- Factor de Demanda

$$Fd = \frac{D_{\max} \times 100\%}{C_{\text{arg}} a(\text{Conectada})}$$

(Ec. N° 28)

$$Fd = (0.995 \text{ KW} / 1.395 \text{ KW}) * 100 \% = 71.3 \%$$

Puesto Fronterizo La Esmeralda

De acuerdo a la capacidad (KVA) y el factor de potencia de la planta eléctrica:

Potencia Instalada: 10 KVA a fp (0.85) = 8.5 KW

- Carga conectada (KW):

De acuerdo a la información recabada de las diferentes fuentes de información, acerca de la carga que actualmente se encuentra instalada en los Puestos Fronterizos y tomando valores estándar de potencia de los aparatos electrodomésticos existentes (datos de placa), se presenta las siguientes estimaciones de carga:

Luminarias 06 (50 W)	: 0.300
Radio Comunicaciones	: 0.200
Ventiladores 04 (50 W)	: 0.200
Equipo TV (21")	: 0.080
Decodificador	: 0.060
Microondas	: 0.800
Radio Reproductor	: 0.055
Computadora	: 0.200

Total Carga Conectada : 1.895 KW

En esta información se estimó un valor de tres (03) horas que pudiera estar conectada continuamente la carga, de acuerdo a la información que fue proporcionada por el jefe del servicio de comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Kw-h/diarios = 1.895 Kw * 3 h = 5,685 Kw-h/diarios de carga conectada.

- Densidad de Carga:

Carga Conectada : 1.895 KW

Área total Construida: 175 m²

$$Dc = \frac{Potencia(Total)Carga}{Unidad(Superficie)}$$

$$Dc = 1895 \text{ W}/175 \text{ m}^2 = 10.82 \text{ W}/\text{m}^2$$

- Demanda Máxima: Se utilizó un valor aproximado de la carga conectada, ya que en horas de la noche, la mayoría de las cargas se encuentran conectadas, de acuerdo a información proporcionada por el Jefe de Servicio de Comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Dmax a las 19:00 Hrs: 1.095 KW

- Factor de Utilización:

$$Fu = \frac{D_{\max}(\text{Equipo})}{Potencia(\text{Equipo})}$$

$$F.u. = 1.095 \text{ Kw} / 8.5 \text{ Kw} = 0.129 * 100 \% = 12.9 \%$$

- Factor de Demanda

$$Fd = \frac{D_{\max} \times 100\%}{Carga(\text{Conectada})}$$

$$Fd = (1.095 \text{ KW} / 1.895 \text{ KW}) * 100 \% = 57.78 \%$$

5.3 Estadísticas Climatológicas de las Zonas en Estudio.

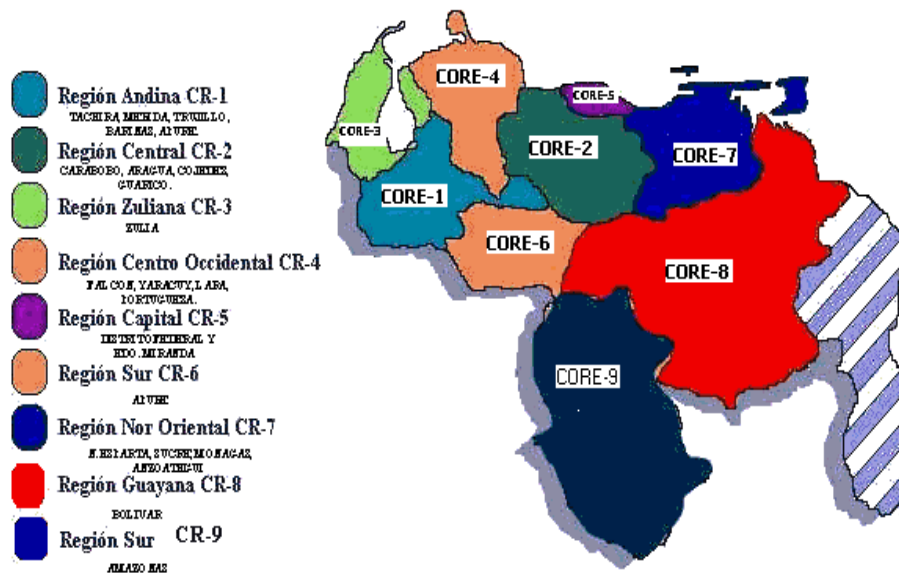
A continuación se presentan promedios de todas las variables climatológicas, de cada una de las Estaciones Meteorológicas; San Fernando de Apure, (Latitud 07° 41'N)-(Longitud 67° 25'W) y Puerto Ayacucho, (Latitud 05° 36'N) - (Longitud 67° 30'W), proporcionadas por la Aviación Militar Venezolana, entre los elementos climáticos se destaca, la temperatura, presión atmosférica, los vientos, la humedad, las precipitaciones, la radiación y la insolación.

Los Comandos Regionales, son las grandes unidades operativas de la Guardia Nacional, se encuentran desplegadas por regiones geográficas en todo el Territorio Nacional, en cada uno de ellos se cumplen con las funciones inherentes a los servicios institucionales, tales como Seguridad, Resguardo y Guardería. Su estructura operacional se divide en Destacamentos, Compañías y Pelotones, que en algunos casos varía de acuerdo a las actividades que realiza el Componente en determinadas regiones.

En la siguiente figura se presenta el despliegue operacional del componente Guardia Nacional, estructurado por Comandos Regionales:

Figura N° 9

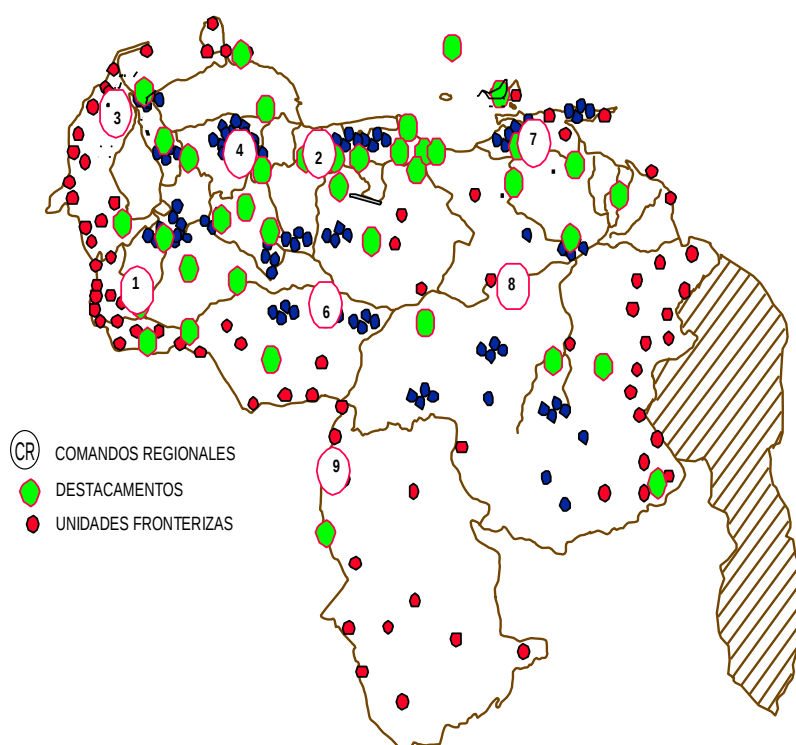
Despliegue Operacional de la Guardia Nacional por Comandos Regionales



Fuente: Comando de Operaciones de la Guardia Nacional (2004)

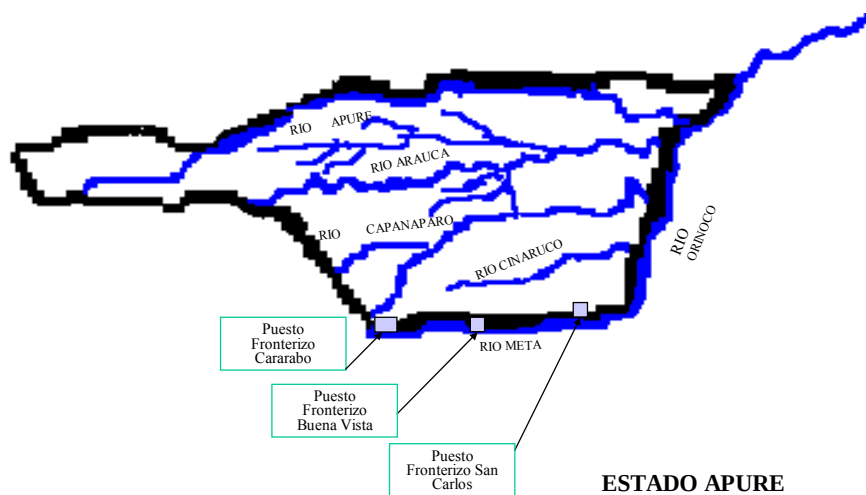
En las siguientes figuras, se muestran los Comandos Regionales con sus respectivos Destacamentos y Unidades Fundamentales, asimismo se indican los Puestos Fronterizos, pertenecientes al Comando Regional N° 9, que fueron seleccionados para el análisis y evaluación, clasificándolos por zonas, de acuerdo a las variables climatológicas de las estaciones meteorológicas recibidas del Servicio de Meteorología la Aviación Militar Venezolana.

Figura N° 10
Despliegue Operacional de la Guardia Nacional
Destacamentos y Unidades Fronterizas



Fuente: Comando de Operaciones de la Guardia Nacional (2004)

Figura N° 11
Puesto Fronterizos de la Zona de San Fernando de Apure



Fuente: El Autor

Figura N° 12
Puesto Fronterizos de la Zona de Puerto Ayacucho



Fuente: El Autor

A continuación se describe la situación actual de los Puestos Fronterizos seleccionados, donde se menciona su ubicación actual y las condiciones eléctricas que presentan:

Puesto de San Carlos del Meta (2do. Pelotón 3ra. CIA DF-91)

Ubicación del Puesto

El Puesto de San Carlos del Meta se encuentra ubicado en la población de San Carlos, Municipio Autónomo Pedro Camejo del Edo. Apure, Coordenadas Geográficas 6°12'36'' Latitud Norte, 67°27'10'' Longitud Oeste y en la cota de 62 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto fronterizo de San Carlos del Meta, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Sumselt, de cinco (05) kilovolt-Amperes (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar algunas cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con cuarenta (40) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y el banco de baterías del sistema fotovoltaico se encuentra inoperativo, se desconocen las causas.

Puesto de Buena Vista (3er. Pelotón 3ra. CIA DF-91)

Ubicación del Puesto

El Puesto de Buena Vista del Meta se encuentra ubicado en la población de Buena Vista, Municipio Autónomo Pedro Camejo del Edo. Apure, coordenadas geográficas 6°10'11'' Latitud Norte, 68°35'22'' Longitud Oeste y en la cota de 69 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto fronterizo de Buena Vista del Meta, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Olympian-Caterpillar, de 13,8 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.8, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con cuarenta (40) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y no posee el banco de baterías de sistema fotovoltaico.

Puesto de Cararabo (4to. Pelotón 3ra. CIA DF-91)

Ubicación del Puesto

El Puesto de Cararabo se encuentra ubicado en el sector Raudal Trapiche, Municipio Autónomo Pedro Camejo del Edo Apure, coordenadas geográficas 6°12'36'' Latitud Norte, 67°27'10'' Longitud Oeste y en la cota de 62 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto fronterizo de Cararabo, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Olimpyam-Caterpillar, la cual trabaja a gas-oil, de 13.8 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.8, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con ochenta (80) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. Posee inversor de corriente y banco de baterías los cuales se encuentra inoperativo, se desconocen las causas.

Puesto de la Esmeralda. (P/C 2da. CIA. DF-94)Ubicación

El Puesto de la Esmeralda, se encuentra ubicado en el sector La Esmeralda, Municipio Alto Orinoco del Estado Amazonas, coordenadas Geográficas 3°10'00'' Latitud Norte y 65°32'10'' y en la cota de 250 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto La Esmeralda, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Perkins, la cual trabaja a gas-oil, de 10 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera ocho (08) horas diarias, con la finalidad de alimentar cargas en corriente alterna AC, instaladas en el referido puesto y cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación.

Asimismo cuenta con cuarenta (40) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y no posee el banco de baterías de sistema fotovoltaico.

Puesto de Tama Tama (2do. Pelotón 2da. CIA DF-94)Ubicación del Puesto Fronterizo

El Puesto se encuentra ubicado en el sector Tama Tama del Municipio Alto Orinoco del Estado Amazonas, coordenadas geográficas 3°09'02'' Latitud Norte, 65°51'18'' Longitud Oeste y en la cota de 250 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto Tama Tama, cuenta con una planta eléctrica, marca lister-peter, la cual trabaja a gas-oil, de cinco (05) kilovolt-Amper, (KVA), a un factor de potencia de 0.8, actualmente se encuentra inoperativa desde hace aproximadamente doce (12) años, se empleaba con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar algunas cargas en corriente alterna c.a instaladas en el referido puesto.

Este Puesto Fronterizo actualmente no posee ningún elemento del Sistema Fotovoltaico.

Puesto de Solano (3er. Pelotón 3ra. CIA DF-94)Ubicación del Puesto

El Puesto de Solano se encuentra ubicado en la población de Solano, Municipio Autónomo Río Negro, coordenadas geográficas 1°58'30'' Latitud Norte, 66°57'20'' Longitud Oeste y en la cota de 80 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto Fronterizo Solano, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Yamaha, la cual trabaja a gas-oil, de 4.5 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con catorce (14) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. No posee inversor de corriente y no posee el banco de baterías de sistema fotovoltaico.

Puesto de Santa Lucia (4to. Pelotón 3ra. CIA DF-94)

Ubicación del Puesto

El Puesto Fronterizo de Santa Lucia se encuentra ubicado en la población de Santa Lucia , Municipio Autónomo Río Negro, coordenadas geográficas 1°18'21" Latitud Norte, 66°51'14" Longitud Oeste y en la cota de 85 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El puesto Fronterizo Santa Lucia, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Yamaha, la cual trabaja a gasolina, de 4.5 kilovolt-Amperes, (KVA), a un

factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Este Puesto Fronterizo actualmente no posee ningún elemento del Sistema Fotovoltaico.

Puesto de Santa Cruz de Atabapo (3er. Plton 1ra. CIA DF-94)

Ubicación del Puesto

El Puesto Fronterizo de Santa Cruz de Atabapo se encuentra ubicado en la población de Santa Cruz, Municipio Autónomo Guainia, coordenadas geográficas 3°15'16'' Latitud Norte, 67°22'14'' Longitud Oeste y en la cota de 90 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones Eléctricas

El Puesto Fronterizo de Santa Cruz de Atabapo, actualmente cuenta con una planta eléctrica, marca Yamaha, la cual trabaja a gasolina, de 4.5 kilovolt-Amperes, (KVA), a un factor de potencia de 0.85, la cual opera en intervalos entre dos (02) y tres (03) horas diarias, con la finalidad de cargar las baterías que alimentan el equipo de comunicación y alimentar cargas en corriente alterna AC instaladas en el referido puesto.

Asimismo cuenta con veinticuatro (24) paneles solares marca Kyocera, y un controlador de carga cuyas características se mencionan en el Anexo D, que se

utilizan directamente para alimentar las baterías del equipo de comunicaciones. Posee inversor de corriente y banco de baterías los cuales se encuentra inoperativo, se desconocen las causas.

En las Siguietes tablas se muestran los Puestos Fronterizos que cuentan con sistema tradicional (Planta Eléctrica) y los que cuentan con sistema Alterno (Fotovoltaico) especificando sus condiciones actuales:

Tabla N° 5
Puestos Fronterizos con sistema tradicional y alternativo

Puesto Fronterizo	Sistema Tradicional (Posee)	Sistema Alterno (Posee)
San Carlos del Meta	Si	Si (Incompleto)
Buena Vista del Meta	Si	Si (Incompleto)
Cararabo	Si	Si (incompleto)
La Esmeralda	Si	Si (Incompleto)
Tama Tama	Si	No
Santa Cruz Atabapo	Si	Si (Incompleto)
Solano	Si	Si (Incompleto)
Santa Lucia	Si	No

Fuente: El Autor

De la tabla anterior se puede inferir que todos los Puestos Fronterizos (de la investigación), poseen sistema tradicional (Planta Eléctrica) y que seis (06) Puestos, 75 %, posee sistema alternativo fotovoltaico, pero no se encuentra completo, ni operativo; asimismo solamente dos (02) Puestos , 25 %, no poseen sistemas alternos fotovoltaico.

Tabla N° 6
Condiciones Actuales de los Elementos
Existentes del Sistema Alterno en los Puestos Fronterizos

Puesto	Modulo N° Paneles Solares	Controlador de carga	Inversor	Banco de baterías	Comentario
Sta. Cruz Atabapo	24	Si (Operativo)	Si (Inoperativo)	Si (Operativo)	
Tama Tama	No	No	No	No	Solamente planta
La Esmeralda	40	Si	No	No	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)
Solano	14	Si	No	No	Cuatro (04) Módulos Inoperativos (Los Paneles funcionan directamente al radio.)
Santa Lucia	No	No	No	No	Solamente planta
Cararabo	80	Si	Si (Inoperativo)	Si (Inoperativo)	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)
San Carlos del Meta	40	Si	No	Si (Inoperativo)	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)
Buena Vista del Meta	40	Si	No	No	(Los Paneles funcionan directamente al radio.)

Fuente: El Autor

Durante el desarrollo de la presente investigación, se tomará un (01) Puesto Fronterizo, de cada zona donde se obtuvieron registros metereológicos, proporcionados por el Servicio de Metereologia de la Aviación Militar Venezolana; los Puestos seleccionados fueron: Puesto Cararabo (Zona de San Fernando de Apure) y Puesto La Esmeralda (Zona de Puerto Ayacucho), cuya selección fue realizada en criterios propios del investigador, de acuerdo a la mayor cantidad de información que fue obtenida de las mencionadas unidades militares, en base a estos Puestos Fronterizos se dimensionaran los Sistemas Alternos de Energía.

5.2 Factores Característicos de las Cargas

Puesto Fronterizo Cararabo

De acuerdo a la capacidad (KVA) y el factor de potencia de la planta eléctrica:

Potencia Instalada: 13.8 KVA a fp (0.8) = 11.08 KW

- Carga conectada (KW):

De acuerdo a la información recabada de las diferentes fuentes de información, acerca de la carga que actualmente se encuentra instalada en los Puestos Fronterizos y tomando valores estándar de potencia de los aparatos electrodomésticos existentes (datos de placa), se presenta las siguientes estimaciones de carga:

Luminarias 08 (50 W)	: 0.400
Radio Comunicaciones	: 0.200
Ventiladores 04 (50 W)	: 0.200
Equipo TV (21")	: 0.080
Decodificador	: 0.060

Licuada : 0.400

Radio Reproductor : 0.055

Total Carga Conectada : 1.395 KW

En esta información se estimó un valor de tres (03) horas que pudiera estar conectada continuamente la carga, de acuerdo a la información que fue proporcionada por el Jefe del Servicio de Comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Kw-h/diarios = 1.395 Kw * 3 h = 4.185 Kw-h/diarios de carga conectada.

- Densidad de Carga:

Carga Conectada : 1.395 KW

Área total Construida: 112 m²

$$D_c = \frac{\text{Potencia(Total)} \text{Carga}}{\text{Unidad(Superficie)}}$$

(Ec. N° 26)

$$D_c = 1395 \text{ W} / 112 \text{ m}^2 = 12.45 \text{ W} / \text{m}^2$$

- Demanda Máxima: Se utilizó un valor aproximado de la carga conectada, ya que en horas de la noche, la mayoría de las cargas se encuentran operando, de acuerdo a información proporcionada por el Jefe de Servicio de Comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Dmax a las 19:00 Hrs : 0.995 KW

- Factor de Utilización:

$$Fu = \frac{D_{\max}(\text{Equipo})}{Potencia(\text{Equipo})}$$

(Ec. N° 27)

$$F.u. = 1.395 \text{ Kw} / 11.08 \text{ Kw} = 0.125 * 100 \% = 12.5 \%$$

- Factor de Demanda

$$Fd = \frac{D_{\max} \times 100\%}{C_{\text{arg}} a(\text{Conectada})}$$

(Ec. N° 28)

$$Fd = (0.995 \text{ KW} / 1.395 \text{ KW}) * 100 \% = 71.3 \%$$

Puesto Fronterizo La Esmeralda

De acuerdo a la capacidad (KVA) y el factor de potencia de la planta eléctrica:

Potencia Instalada: 10 KVA a fp (0.85) = 8.5 KW

- Carga conectada (KW):

De acuerdo a la información recabada de las diferentes fuentes de información, acerca de la carga que actualmente se encuentra instalada en los Puestos Fronterizos y tomando valores estándar de potencia de los aparatos electrodomésticos existentes (datos de placa), se presenta las siguientes estimaciones de carga:

Luminarias 06 (50 W)	: 0.300
Radio Comunicaciones	: 0.200
Ventiladores 04 (50 W)	: 0.200
Equipo TV (21")	: 0.080
Decodificador	: 0.060
Microondas	: 0.800
Radio Reproductor	: 0.055
Computadora	: 0.200

Total Carga Conectada : 1.895 KW

En esta información se estimó un valor de tres (03) horas que pudiera estar conectada continuamente la carga, de acuerdo a la información que fue proporcionada por el jefe del servicio de comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Kw-h/diarios = 1.895 Kw * 3 h = 5,685 Kw-h/diarios de carga conectada.

- Densidad de Carga:

Carga Conectada : 1.895 KW

Área total Construida: 175 m²

$$Dc = \frac{Potencia(Total)Carga}{Unidad(Superficie)}$$

$$Dc = 1895 \text{ W}/175 \text{ m}^2 = 10.82 \text{ W}/\text{m}^2$$

- Demanda Máxima: Se utilizó un valor aproximado de la carga conectada, ya que en horas de la noche, la mayoría de las cargas se encuentran conectadas, de acuerdo a información proporcionada por el Jefe de Servicio de Comunicaciones del Comando Regional N° 9 de la Guardia Nacional de Venezuela.

Dmax a las 19:00 Hrs: 1.095 KW

- Factor de Utilización:

$$Fu = \frac{D_{\max}(\text{Equipo})}{Potencia(\text{Equipo})}$$

$$F.u. = 1.095 \text{ Kw} / 8.5 \text{ Kw} = 0.129 * 100 \% = 12.9 \%$$

- Factor de Demanda

$$Fd = \frac{D_{\max} \times 100\%}{Carga(\text{Conectada})}$$

$$Fd = (1.095 \text{ KW} / 1.895 \text{ KW}) * 100 \% = 57.78 \%$$

5.3 Estadísticas Climatológicas de las Zonas en Estudio.

A continuación se presentan promedios de todas las variables climatológicas, de cada una de las Estaciones Meteorológicas; San Fernando de Apure, (Latitud 07° 41'N)-(Longitud 67° 25'W) y Puerto Ayacucho, (Latitud 05° 36'N) - (Longitud 67° 30'W), proporcionadas por la Aviación Militar Venezolana, entre los elementos climáticos se destaca, la temperatura, presión atmosférica, los vientos, la humedad, las precipitaciones, la radiación y la insolación.

CONCLUSIONES

La investigación realizada se orientó a resolver las condiciones desfavorables de energía eléctrica que presentan los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional. En primer lugar, se realizó una evaluación diagnóstica de carácter técnica a los Puestos, donde la información fue bastante escasa y se necesitó solicitar ayuda a diferentes fuentes de información de las condiciones eléctricas que presentaban las diferentes unidades de la Guardia Nacional. Es por ellos que se obtuvo y se coloca la información en la presente investigación, de cada uno de los Puestos, para de esa manera dejar explícito las deficiencias y necesidades en el aspecto eléctrico y poder mencionar las consecuencias que acarrea un servicio no continuo de energía eléctrica, en las labores de seguridad y defensa que cumplen actualmente los Puestos Fronterizos.

Ante estas características, se efectuó un diseño del Sistema de Generación de Energía solar, en particular para dos Puestos Fronterizos, en diferentes zonas, Puerto Ayacucho y San Fernando de Apure, que lograría disminuir las deficiencias de energía del sistema que actualmente se encuentra instalado, y que proporcionaría una fuente de energía de corriente continua y alterna, que puede garantizar una generación confiable a los Puestos Fronterizos. La evaluación técnica de esta fuente queda explícita cuando se hace el diseño, en donde se evaluaron las condiciones de radiación solar de las diferentes zonas, con los datos que fueron proporcionados por las estaciones meteorológicas y que nos da una visión de cuanta cantidad de energía pudiera ser aprovechada para los diferentes meses del año.

Los sistemas de generación de energía solar no son una innovación en el ámbito tanto civil como militar, de hecho ya previamente fue instalado un sistema fotovoltaico en algunos Puestos Fronterizos, pero su funcionamiento no se efectúa

debido a problemas técnicos, ya que no se realizó una correcta evaluación a las condiciones climatológicas de las zonas donde fueron instalados, asimismo, aun existe un gran inventario de material que fue utilizado que pudiera ayudar a minimizar los costos de instalación del sistema que se propone.

La evaluación económica del sistema propuesto se realiza, tomando en cuenta al Puesto Fronterizo, primordialmente como una unidad de las Fuerza Armada y que tienen características muy específicas, esto para desligarla del sentido comercial que una fuente alterna de energía produce, de hecho la justificación del sistema más que económico es de necesidad del Estado de generar energía eléctrica a esta unidades militares de condiciones muy importantes para el desenvolvimiento y continuo desarrollo de nuestras fronteras.

La metodología utilizada en este diseño, presenta las características del sistema actual y de manera sencilla muestra los cálculos realizados para el sistema propuesto donde especifica cada elemento que conforma el sistema de generación solar, tomando en cuenta todas las especificaciones técnicas relativas al diseño del sistema fotovoltaico. En el dimensionamiento del sistema se cumplieron con las especificaciones que proporcionan el Código Eléctrico Nacional (C.E.N), y de algunos parámetros que proporcionan las empresas que comercializan los diferentes elementos del sistema.

En la fuente alterna utilizada con los aerogeneradores, el análisis de las condiciones de velocidad del viento nos trae las siguientes exigencias:

- Las características de velocidad del viento es muy específica para cada zona o Puesto Fronterizo.
- Se puede mejorar las condiciones de velocidad del viento, variando la altura de las torres.

- Se presentan aerogeneradores con características muy específicas, que se adaptan a las condiciones de carga eléctrica requerida para cada Puesto Fronterizo.
- Se puede obtener un máximo provecho de los aerogeneradores, tomando en cuenta diversos factores, tales como el efecto túnel y el efecto colina.
- Los aerogeneradores propuestos, presentan elementos que se adaptan a las condiciones de fuente híbrida (eólica-solar) o simplemente eólica ó solar, ya que presenta componentes de semejantes condiciones eléctricas y mecánicas.

RECOMENDACIONES

El sistema alternativo de energía eléctrica (Fotovoltaico), que se propone es un sistema de características técnicas, muy confiables, no contaminante, que cubrirá las necesidades de energía eléctrica, que los Puestos Fronterizos necesita. Constituye de una gran alternativa para solucionar los inconvenientes que presentan las plantas eléctricas, y que a su vez se traduce en beneficio económico a largo plazo.

Se recomienda tomar en cuenta las instalaciones fotovoltaicas que con anterioridad han realizado a los diferentes Puestos Fronterizos, con la finalidad de efectuar un inventario real de los equipos y materiales existentes, que ayude a minimizar los costos de adquisición de equipos y logre un beneficio tanto técnico como económico.

Se recomienda realizar estudios climatológicos y eléctricos, a las instalaciones fotovoltaicas que se han instalado en otros Puestos Fronterizos, similares al sistema propuesto, con la finalidad de efectuar posibles cambios al sistema propuesto que ayuden a mejorar la calidad del mismo.

Se recomienda la instalación del sistema propuesto, ya que a través de él, se obtendrán beneficios económicos y sociales que mejoren la vida del personal militar, que labora en esos Puestos Fronterizos, y a su vez ayudaran a cumplir a estos efectivos, con la misión de seguridad y defensa que establecen las leyes y reglamentos de la República; asimismo para que se realice un óptimo funcionamiento del sistema propuesto se deben cumplir con las especificaciones técnicas de diseño y cumplir con una característica muy especial, la cual radica en ser utilizado únicamente para la carga eléctrica para la cual fue diseñado.

En cuanto a las características específicas que deben presentar cada elemento del sistema fotovoltaico se recomienda que todos los componentes deben tener las

condiciones de instalación en cuanto a voltaje, corriente, temperatura, humedad, etc., así como que todos los dispositivos, deben instalarse de manera que queden protegidos contra daños físicos, polvo, calor, lluvia y puedan ser accesibles de mantenimiento e inspección.

En el Anexo B, se muestran las especificaciones técnicas de cada componente del sistema, indicando una posible variación de acuerdo a parámetros establecidos por las diferentes marcas que comercializan estos elementos fotovoltaicos.

El sistema alternativo de energía (Aerogeneradores), que se menciona en la investigación presenta una serie de características muy particulares, a continuación se hacen las siguientes recomendaciones en el sistema para una correcta aplicación de este sistema:

- Primeramente, se deben efectuar mediciones exactas de velocidad del viento en el sitio a ser instalado, las cuales pueden ser tomadas con equipos (Anemómetros), que sean instalados con la altura seleccionada para la torre del aerogenerador elegido, las cuales nos brindarán con mayor exactitud las variaciones de velocidad del viento del lugar y así poder determinar cuales y donde puedan ser utilizado los aerogeneradores.
- Se recomienda comparar las mediciones locales que se hagan en cada Puesto, con las estadísticas que proporcione las Estaciones Meteorológicas de la Aviación Militar cercanas, con la finalidad de efectuar los ajustes necesarios de las variaciones de velocidad del viento en los lugares específicos.
- En caso de no existir mediciones exactas de velocidad del viento, se recomienda utilizar los aerogeneradores como sistema híbridos en donde se

coloquen con módulos fotovoltaicos que puedan suplir la cantidad de energía requerida para cada instalación motivo de la presente investigación.

- La producción efectiva de energía de un aerogenerador, se obtiene, cuando el aerogenerador trabaja a altas velocidades, es por ello que la eficiencia de ellos, que normalmente oscila en la práctica en un 20 a 30%, se obtienen a velocidades que se encuentran por encima de la media de los datos estadísticos obtenidos en la mediciones, ante esto se recomienda evaluar los picos de velocidad del viento.
- Se recomienda tomar en cuenta los factores (Efecto Túnel y Efecto Colina), que pueden influir en un mayor aprovechamiento de las características de velocidad del viento que se presenten en los Puestos Fronterizos.

Por ultimo, y debido a la escasez de tiempo con que se realizó la presente investigación, se recomienda efectuar un análisis mas profundo a la posible instalación de una fuente híbrida, donde se efectúen comparaciones de las diferentes variables y equipos utilizados por cada sistema, para efectuar una efectiva conexión de ambos sistemas sin que influya en la eficiencia de cada uno de ellos.

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS

1. ABRAHAM ELLIS Y ALMA DELIA COTA
Manual de Energía Fotovoltaica en la Educación a Distancia
Nacional Laboratorio de Albuquerque, México, 2001.
2. ASOCIACION DANESA DE LA INDUSTRIA EÓLICA
Manual de Energía Eólica
2003.
3. MONTGOMERY, RICHARD
Energía Solar.
Editorial Limusa, México, 1986.
4. PENISSI OSWALDO
Canalizaciones Eléctricas Residenciales
Quinta Edición, Venezuela, 1995.
5. UNIVERSIDAD PEDAGOGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
Manual de Trabajos de Grado de Especializaciones y Maestrías y Tesis Doctorales
Fondo Editorial de la U.P.E.L., Venezuela, 1998.

PUBLICACIONES

1. Dirección Electrónica: <http://www.duncan.com.ve>
2. Dirección Electrónica: <http://www.cat.com>
3. Dirección Electrónica: <http://www.astroncorp.com>
4. Dirección Electrónica: <http://www.bornay.com>
5. Dirección Electrónica: <http://www.censolar.es>
6. Dirección Electrónica: <http://www.perkins.com>
7. Dirección Electrónica: <http://www.kyocerasolar.com>
8. Dirección Electrónica: <http://www.listerpetter.com>
9. Dirección Electrónica: <http://www.windpower.org>

10. Dirección Electrónica: <http://www.yamaha-motor.com>
11. Dirección Electrónica: <http://www.pvresources.com>
12. Dirección Electrónica: <http://www.meteorologia.mil.ve>
13. Dirección Electrónica: <http://www.monografias.com>
14. GUARDIA NACIONAL
Diseño de un Sistema de Energía Fotovoltaica para los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional de Venezuela.
Dirección de Telemática, 1998.
15. MANUALES Y CATALOGOS DE KYOCERA SOLAR
16. LEDANOIS, JEAN MARIE
Elementos de Radiación: Aplicación a Venezuela.
Trabajo de Ascenso. Presentado a la Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, 1992.
17. SCHAVÉRIN ALEXANDER Y BERROTERAN LORENA
Diseño de un Sistema de Generación a través de la Energía Solar para un Puesto Fronterizo.
Trabajo de Grado presentado a la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada UNEFA, Venezuela, 1998.

NORMAS

1. CODELECTRA. COVENIN 2000
Código Eléctrico Nacional. 1990
2. 1262.95. IEEE
Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules.
April 12, 1996.

Anexo "A"

Glosario de Terminos

GLOSARIO DE TERMINOS

- **Albedo:** Es el porcentaje de energía reflejada, el cual varía según la naturaleza física de la superficie del cuerpo.
- **Angulo de Incidencia:** Angulo formado por el vector dirección del rayo solar y la normal a la superficie.
- **Aerogeneradores:** Es un equipo compuesto por varios elementos mecánicos y eléctricos que convierten la energía cinética recibida del viento en energía eléctrica.
- **Baterías:** es un dispositivo que almacena la energía eléctrica, convierte la energía química que se encuentra acumulada, por medio de una reacción electroquímica de oxidación y reducción.
- **Buje:** es el elemento que esta acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.
- **Celda Fotovoltaica:** Consiste en un diodo semiconductor de gran superficie, diseñado para que la luz solar pueda introducirse en la zona de unión P-N del dispositivo.
- **Declinación:** Es el ángulo formado entre la dirección de los rayos del sol y el plano ecuatorial.
- **Efecto Colina:** En el efecto colina, el viento es comprimido en la parte de la montaña que da al viento, y una vez el aire alcanza la cima de la colina puede volver a expandirse al descender hacia la zona de bajas presiones por la ladera a sotavento de la colina.

- **Efecto Túnel:** consiste en colocar el aerogenerador entre dos montañas o similares accidentes topográficos, donde el aire se comprime en la parte de las montañas que están expuestas al viento, y su velocidad se eleva entre los obstáculos.
- **Energías Alternas:** se definen como aquellas fuentes de obtención de energía, donde son utilizados recursos eólicos, solares, hídricos y algunos otros, para generar energía eléctrica.
- **Generador eléctrico:** es el encargado de convertir la energía mecánica en energía eléctrica.
- **Irradianza:** Es la cantidad de energía recibida sobre una superficie dada durante un tiempo dado.
- **Insolación:** Es el tiempo expresado en horas, en que el sol brillante aparece en el firmamento para un punto de observación específico, teniendo en cuenta la sombra eventual proyectada por obstáculos naturales y artificiales.
- **Inversor:** es utilizado para convertir energía DC a AC, mediante la transformación de la corriente y tensión.
- **Multiplicador:** Es el elemento que esta conectado entre el eje de baja y alta velocidad, permite que el eje de alta velocidad gire aproximadamente 50 veces mas rápidamente que el eje de baja velocidad.
- **Panel Fotovoltaico:** también llamados módulos solares, transforman directamente la energía de la luz del sol en corriente eléctrica continua.

- **Radiación Difusa:** Es la radiación solar recibida en la superficie terrestre después de haber sufrido un cambio de dirección por la reflexión o dispersión.
- **Radiación Directa:** Es la radiación solar no desviada de su trayectoria por la polución, aerosoles o vapor de agua.
- **Regulador:** es un dispositivo que controla el sistema fotovoltaico, a su vez sirve de enlace entre los módulos, baterías y cargas.
- **Rotor:** El rotor es la estructura que contiene las palas
- **Sistemas Híbridos:** Proviene de unir cualquiera de las energías alternas con la generación de energía eléctrica a través de cualquier elemento generador, específicamente entre dos fuentes alternas.
- **Sotavento:** En la parte opuesta de donde viene el viento. Con la generación de energía eléctrica a través
- **Torre:** Es el elemento que soporta la góndola y el rotor

Anexo "B"
Especificaciones Tecnicas
para Componentes Fotovoltaicos

Especificaciones técnicas para componentes del Sistema FV

Módulos fotovoltaicos

- Deberán de tener placa de datos eléctricos, con nombre del fabricante, números de serie y sellos de certificación reconocida, como UL, CSA, ETL o ANSE.
- Deberán ser de por lo menos 48 W de potencia nominal
- Deberán ser del mismo modelo y marca si se necesita más de un módulo.
- Deberán tener marco de aluminio
- Si se necesita más de un módulo, cada módulo deberá tener un diodo de paso debidamente instalado en su caja de conexiones
- Deberán tener una garantía del fabricante de por lo menos 20 años contra pérdida de eficiencia
- Deberán tener una eficiencia mayor a 10%.

Estructura de módulos FV

- Deberá ser metálica y resistente a la corrosión, preferiblemente de aluminio.
- Toda la tornillería y otros accesorios de montaje también deberán ser resistentes a la corrosión.
- Deberá resistir ráfagas de viento de hasta 150 km/h con el arreglo FV instalado
- Deberá permitir la libre circulación de aire por la parte posterior de los módulos

- Deberá permitir la remoción de módulos individuales para inspección, mantenimiento o reemplazo
- Deberá permitir la instalación del arreglo con inclinación a latitud hacia el sur, y de tal manera que se reduzca el riesgo de vandalismo o robo.

Regulador de carga

- Deberá de tener placa del fabricante, con modelo, datos eléctricos (voltaje nominal, corriente máxima) y sello de certificación independiente reconocida, como UL, CSA, ETL o ANSE.
- Deberá aceptar una corriente de entrada 1.5 veces mayor que la corriente en corto circuito del arreglo solar; en ningún caso podrá ser menor a 6 A.
- El regulador deberá ser de estado sólido, del tipo PWM (pulse width modulation)
- Los puntos de fijación deberán ser los recomendables para el tipo de batería del sistema, preferiblemente compensados por temperatura.
- Deberá tener indicadores (led o pantalla) del estado de carga de las baterías
- El controlador deberá evitar la descarga de baterías hacia los módulos durante la noche.
- Las conexiones al arreglo y al banco de baterías deben estar claramente indicadas en el chasis.
- Deberán tener una garantía del fabricante contra defectos de fábrica de por lo menos 1 año.

Controlador de carga (interruptor de bajo voltaje o LVD)

Nota: Todas las cargas del sistema (c.a. ó c.c.) deberán alimentarse a través de un dispositivo que evite que las baterías se sobre-descarguen (desconexión por bajo voltaje o LVD). Algunos reguladores de carga e inversores tienen LVD integrado. Sin

embargo, para cumplir con las especificaciones siguientes es posible que se necesite un controlador de carga (LVD) separado.

- Deberá tener capacidad de corriente es adecuada para operar simultáneamente todas las cargas del sistema y para el arranque de las mismas
- Deberá desconectar las baterías a un voltaje no menor que 11.5 V
- Deberá tener indicador (led) de la condición de desconexión por bajo voltaje
- No deberá tener un medio fácilmente accesible (como botón de emergencia) para deshabilitar temporalmente o permanentemente la función del LVD
- La conexión a las baterías y a la carga deberá estar identificada claramente en el chasis.
- Deberán tener una garantía de reemplazo contra defectos de fábrica de por lo menos 1 año.

Batería

- Deberán tener una etiqueta del fabricante con el tipo de batería, voltaje nominal y capacidad en ampere-hora.
- Deberán de ser de ciclo profundo y deberán tener una vida útil nominal de por lo menos 1500 ciclos a 20% de descarga
- El voltaje nominal de cada batería deberá ser 6 ó 12 V
- Cada batería deberá tener una capacidad nominal de por lo menos 85 A-h (tasa de 20 horas)
- Deberán tener terminales para permitir conexiones atornilladas convencionales (no se permiten terminales de tipo automotriz)
- Todas las baterías deben instalarse en un recipiente de plástico, con terminales inaccesibles a los niños, pero que permitan el debido mantenimiento por parte del operador

- Si las baterías son de electrolito líquido abiertas, se deberá incluir un lote de agua destilada en botellas suficiente para reposición de agua durante los 12 meses de uso
- Deberán tener una garantía de reemplazo contra defectos de fábrica de por lo menos 6 meses.

Inversor

- Deberá tener una potencia de salida continua 1.5 mayor que el total de las cargas c.a., pero en ningún caso menor que 500 W.
- Deberá suficiente capacidad de arranque (surge) para la carga con mayor potencia de arranque, asumiendo que las otras cargas están operando.
- Deberá tener un voltaje nominal de 120 V c.a. a 60 Hz de salida.
- Deberá tener un factor de eficiencia de por lo menos 90% a la potencia nominal.
- Deberá tener protección contra sobre corriente o corto circuito, y contra sobre-temperatura
- Interna.
- Deberá tener un indicador (led) de estado de operación.
- Deberá tener un consumo en stand-by no mayor que 0.8 A.
- Deberán tener una garantía de reemplazo contra defectos de fábrica de por lo menos 1 año.

Cableado

- Todo el cableado debe estar etiquetado de fábrica con el tipo de aislante y el calibre del conductor.

- El dimensionamiento e instalación del cableado deberá cumplir la Norma Eléctrica vigente en cuanto a calibre, tipo de aislante, canalización y código de colores. Algunas sugerencias son:
 - Usar conductores resistentes a los rayos ultravioleta donde estén expuestos a la intemperie (por ejemplo, tipo USE-2 para interconexiones entre módulos).
 - Usar conductores resistentes a la humedad y al calor (por ejemplo THHW, XHHW, RHHW, RHW-2) en canalizaciones expuestas a la intemperie o enterradas, o en cableado interior, se requiere que los conductores positivo y negativo de cada circuito estén agrupados en una canalización, excepto en las interconexiones de los módulos. Se permite el uso de cables de dos conductores (por ejemplo tipo NM) sin canalización adicional para circuitos de consumo c.c. o c.a. interiores, donde no estén expuestos a la humedad o a abuso físico.
 - Los conductores deben tener suficiente capacidad de conducción de corriente para la corriente máxima del circuito, tomando en cuenta el tipo de aislante, canalización y temperatura de operación. Además la caída total de voltaje medida entre dos puntos cualesquiera del circuito c.c. no deberá exceder 3%. En ningún caso se deberá especificar conductores de calibre inferior a los siguientes:

Calibre mínimo

Módulo-modulo : 10 AWG

Arreglo Regulador: 10 AWG

Regulador Batería: 10 AWG

Controlador Inversor: 10 AWG

Controlador Cargas c.c.: 12 AWG

Inversor Cargas c.a.: 14 AWG

Todas las conexiones eléctricas deberán tener alivio de tensión y alojarse en cajas accesibles para inspección y mantenimiento.

Interruptores, interruptores, puesta a tierra, protección contra sobrecorriente y contra sobrevoltaje.

NOTA: Salvo en casos mencionados explícitamente, se requiere incluir los componentes indicados por separado. Algunos interruptores automáticos pueden aplicarse en las secciones c.c. del sistema como dispositivos contra sobrecorriente e interruptores a la vez.

- Las baterías deberán tener un medio de desconexión y protección contra sobrecorriente.
- Se deberá instalar un sistema de puesta a tierra de los equipos. Todas las partes metálicas del sistema (tales como estructura del arreglo, marco de los módulos, gabinete del controlador, gabinete del inversor, gabinete de interruptores) deberán ponerse a tierra.
- Se deberá instalar un dispositivo de protección contra rayos o supresor de picos en el circuito FV.
- Si el arreglo FV tiene 3 o más módulos FV en conector serie, (i) deberá incluirse un interruptor del circuito FV y (ii) el conductor negativo del circuito c.c. deberá ser puesto a tierra.
- Si la potencia nominal de la carga c.c. excede 200 W, se deberá incluir un centro de carga c.c. para separar las cargas c.c. en dos o más circuitos individualmente protegidos contra sobre corriente. Siempre que sea posible, el amperaje de cada circuito no debe exceder 15 A.
- Si la potencia nominal de la carga c.a. excede 700 W, se deberá incluir un centro de carga c.a. para separar las cargas c.a. en dos o más circuitos

individualmente protegidos contra sobre corriente. Siempre que sea posible, el amperaje de cada circuito no debe exceder 10 A.

Fuente: Kyocera Inc. Corp.

Anexo "C"

Especificaciones Tecnicas
de los Aerogeneradores



INCLIN 1500

Especificaciones · Specifications

DATOS TÉCNICOS

TECHNICAL DATA

ROTOR

Nº de hélices	2	Number of blades
Diámetro	2.86 mts.	Diameter
Material	Fibra de vidrio / carbono / Carbon / glass fibers	Material

SISTEMA ELÉCTRICO

ELECTRICAL SYSTEM

Tipo	Alternador trifásico de imanes permanentes Three phases permanent magnet alternator	Type
Imanes	Neodimio / Neodymium	Magnets
Pot. nominal	1500 w	Nominal power
Voltaje	24, 48, 120, 220 v.	Voltage
Regulador	150 Amp. = 24, 48 v	Regulator

OPCIONAL

OPTIONAL

Híbrido: freno y resistencia agua / Hybrid: brake and heat water resistance

FUNCIONAMIENTO: Velocidad del viento

PERFORMANCE: Windspeed

Para arranque	3.5 m/s.	For turn on
Para Pot. nominal	12 m/s.	For nominal power
Para frenado automático	14 m/s.	For automatic brake

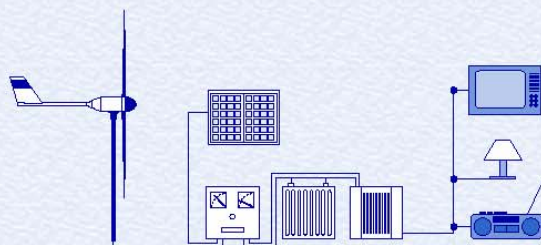
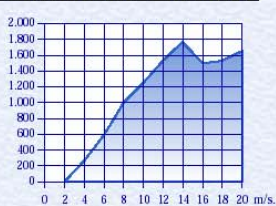
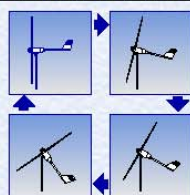
Peso 42 Kg.

Weight

Embalaje 1 caja de cartón - 41 x 37 x 71 cm. - 1 carton box
1 caja de cartón - 152 x 26,5 x 6 cm. - 1 carton box

SISTEMA DE FRENADO / BRAKE SYSTEM

CURVA DE POTENCIA / POWER OUTPUT



Vendedor / Dealer





INCLIN 3000

Especificaciones · Specifications

DATOS TÉCNICOS

TECHNICAL DATA

ROTOR

ROTOR

Nº de hélices	2	Number of blades
Diámetro	4 mts.	Diameter
Material	Fibra de vidrio / carbono / Carbon / glass fibers	Material

SISTEMA ELÉCTRICO

ELECTRICAL SYSTEM

Tipo	Alternador trifásico de imanes permanentes Three phases permanent magnet alternator	Type
Imanes	Neodimio / Neodymium	Magnets
Pot. nominal	3000 w	Nominal power
Voltaje	24, 48, 120, 220 v.	Voltage
	150 A.R = 24, 48 v	
Regulador	(Con freno / With brake)	Regulator

OPCIONAL Resistencia agua / Heat water resistance

OPTIONAL

FUNCIONAMIENTO: Velocidad del viento

PERFORMANCE: Windspeed

Para arranque	3.5 m/s.	For turn on
Para Pot. nominal	12 m/s.	For nominal power
Para frenado automático	14 m/s.	For automatic brake

Peso 125 Kg.

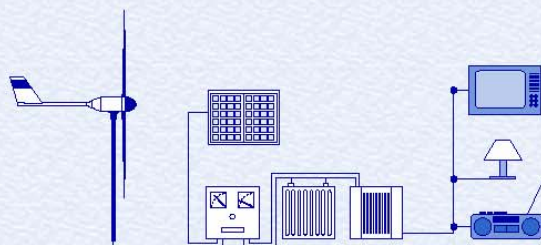
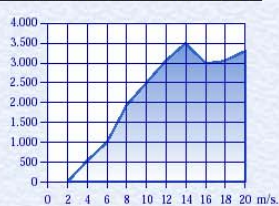
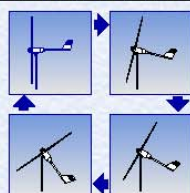
Weight

Embalaje 1 caja de madera - 210 x 54 x 74 - 1 wood box

Packets

SISTEMA DE FRENADO / BRAKE SYSTEM

CURVA DE POTENCIA / POWER OUTPUT

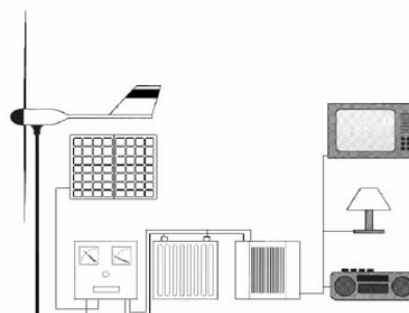
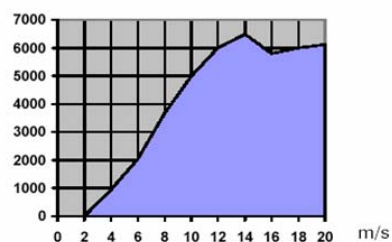
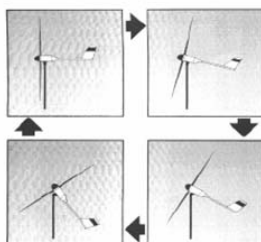


Vendedor / Dealer



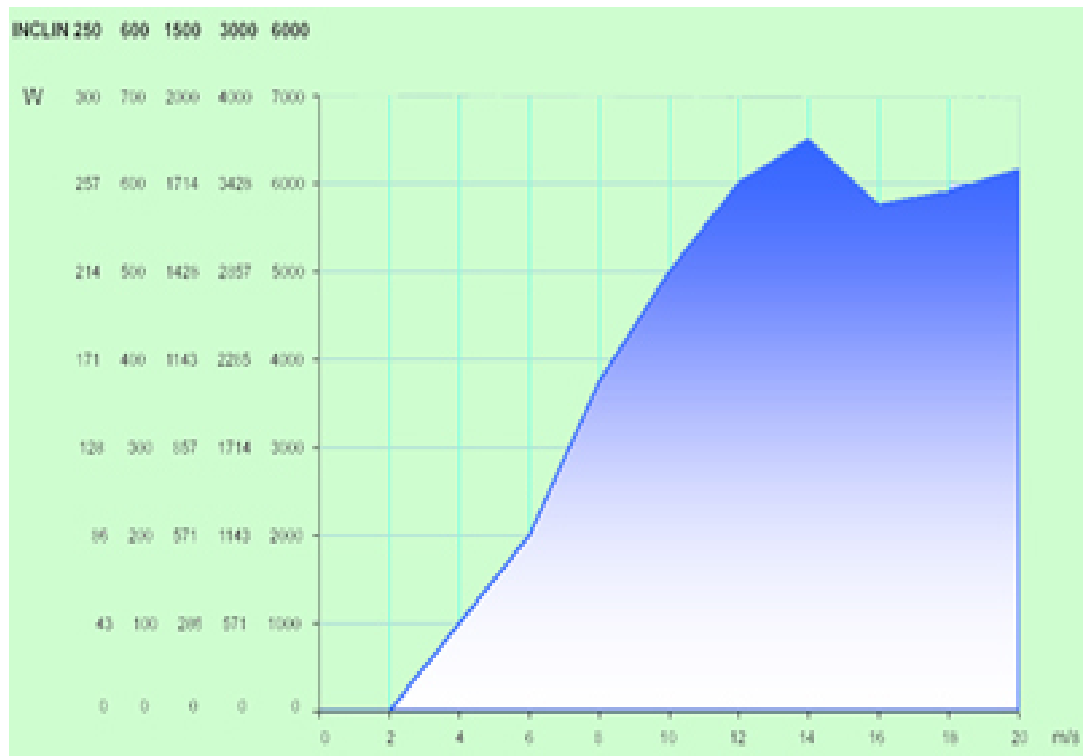
INCLIN 6000*Especificaciones / Specifications*

DATOS TÉCNICOS		TECHNICAL DATA	
ROTOR		ROTOR	
Nº de hélices	3	Number of blades	
Diámetro	4 mts.	Diameter	
Material	Fibra de vidrio/carbono / Carbon/glass fibers	Material	
SISTEMA ELÉCTRICO		ELECTRICAL SYSTEM	
Tipo	Alternador Trifásico de imanes permanentes Three phases permanent magnet alternator	Type	
Imanes	Neodimio / Neodymium	Magnets	
Pot. Nominal	6000 W	Nominal Power	
Voltaje	220 v.	Voltage	
Regulador	Inclin 6K = 48v or 300v (Con freno, With Brake)	Regulator	
OPCIONAL		OPTIONAL	
Resistencia agua		Heat water resistance.	
FUNCIONAMIENTO: Velocidad del viento		PERFORMANCE: Windspeed	
Para Arranque	3.5 m/s	For turn on	
Para Pot. Nominal	12 m/s	For nominal power	
Para Frenado Automático	14 m/s	For automatic brake	
Peso	155 Kgr.	Weight	
Embalaje	1 Caja madera 210 x 54 x 74 cm	1 Wood Box	Packets
SISTEMA DE FRENADO BRAKE SYSTEM		CURVA DE POTENCIA POWER OUTPUT	



J. Rornay
AEROGENERADORES

Curvas de Potencia de los Modelos de Aerogeneradores Potencia x Velocidad del Viento (W-m/s)



Anexo "D"

Características Electricas de los Dispositivos FV existentes en los Puestos

Características Eléctricas de los Dispositivos Fotovoltaicos Existentes

Módulos Fotovoltaicos

Modelo	kyocera
Pmp	51W
Vmp	16.88V
Imp	3.02 A
Voc	21,5 V
Isc	3,10 A
Condiciones	1000 W/m2, 25°C

Fuente: El Autor

Baterías

Tipo de Batería	Ciclo Profundo
Modelo	Dumcan
Mantenimiento	Abiertas
Capacidad	1100 A-h
Vida Útil	1500 ciclos
Tipo de Terminales	En L
Voltaje Nominal	2 V

Fuente: El Autor

Baterías

Tipo de Batería	Ciclo Profundo
Modelo	GNB
Mantenimiento	Abiertas
Capacidad	1200 A-h
Vida Útil	1500 ciclos
Tipo de Terminales	En L
Voltaje Nominal	2 V

Fuente: El Autor

Controladores de Carga

Voltaje	12-24 Vdc
Corriente de entrada	160mA
Corriente de salida	50 A
Tipo de batería	Selladas
Tipo de relevadores	Electromagnéticos
Método de recarga	On-Off
Protección	Contra Sobrecorriente- Polaridad-Invertida
Opciones	Luz Cargando- Desconectada, Desconexión automática

Fuente: El Autor

Inversores

Marca	Anstrom
Voltaje cc	10-15 Vdc
Potencia Nominal	800 W
Potencia de Arranque	1000 W
Protección	Parada Electrónica
Tipo de Onda	Sinusoidal modificada
Tipo de Contactos c.a	Terminales
Opciones	LVD

Fuente: El Autor

Anexo "E"

Actividades Realizadas durante las Pasantías

**ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL DESARROLLO DE LAS
PASANTIAS LARGAS DEL TTE (GN) JIMMY SANCHEZ LARGO EN EL
SERVICIO DE INGENIERIA DE LA GUARDIA NACIONAL**

SEMANA 1 (DEL 19ENE04 AL 23ENE04)

Lunes

Familiarización con las actividades que realiza el Servicio de Ingeniería, específicamente en el Departamento Proyectos; recorrido a las instalaciones donde se explico las labores que ejecutan en el área. Instalación en el Departamento de Proyectos del Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional (SINGER).

Martes

Visita a la Dirección de Informática de la Comandancia General de la Guardia Nacional (COGEGUARNAC), con la finalidad de buscar información acerca de la pagina Web del Servicio de Ingeniería, asimismo se visito la Dirección de Telemática del Servicio de Comunicaciones de la Guardia Nacional con la finalidad de iniciar búsqueda de información sobre los posibles puestos fronterizos a ser utilizados como muestra en el desarrollo de la investigación.

Miércoles

Búsqueda de información acerca de evaluaciones económicas de Fuentes de Generación de Energía eléctrica e inicio de búsqueda de información en la jefatura de los Servicios de Frontera del Estado Mayor General de la COGEGUARNAC, acerca de Ubicación Geográfica y Características de los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional en la Frontera Oeste del país. Asimismo se realizo una entrevista con el jefe de Servicio de Ingeniería acerca de posibles actividades relacionadas con la materia Eléctrica del SINGER. Continuación de actividades relacionadas con el Departamento de proyectos y contratos.

Jueves

Inicio de Búsqueda de información relacionada con posibles Fuentes alternas e híbridas de Energía a utilizar (funcionamiento, equipos, empresas comerciales) y que hayan sido instaladas en unidades militares de la Fuerza Armada. Entrevista con el Jefe del Servicio de Fronteras del Comando de Operaciones a fin de conocer si existe un diagnostico relacionado con la problemática y/o deficiencias del Sector Eléctrico de los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional. Continuación de actividades relacionadas con los departamentos.

Viernes

Revisión y análisis de modelos de estudio de factibilidad económica y técnica de Fuentes de Generación Eléctrica.

SEMANA 2 (DEL 26ENE04 AL 30ENE04)Lunes y Martes

Inicio de Búsqueda de Información en la División de Fronteras de la Dirección de los Servicios de Seguridad del Comando de Operaciones de la Guardia Nacional relacionada con la Ubicación, Características geográficas y generales de los Puestos Fronterizos de la Frontera Oeste del país. Análisis de la Información recabada y evaluación de posibles Puestos a evaluar. Estimación de las unidades militares que forman parte de los Comandos Regionales 1,3 y 6. Descarte de posibles unidades escogidas por no ser económicamente factible para la instalación de Fuentes alternas e híbridas. Evaluación de unidades militares del Comando Regional Nro.9 para posible factibilidad técnico-económica, y elección de Puestos Fronterizos como muestra a representar en el proyecto.

Miércoles

Definición de una muestra representativa de los Puestos Fronterizos del Comando Regional Nro.9 de la Guardia Nacional a inspeccionar, con posible factibilidad técnico económica de instalación de fuentes alternas e híbridas de Energía, y elaboración de cuestionario a ser enviado a unidades escogidas haciendo énfasis en áreas relacionadas con el servicio eléctrico tales como calidad del servicio eléctrico, Comunicaciones, Mantenimiento de equipos y Censo de Carga Eléctrica.

Jueves

Envío de Cuestionario al servicio de comunicaciones del comando regional Nro.9 para ser aplicado a muestra (Puestos), y continuación de análisis de información recabada en el Servicio de Fronteras del Comando de Operaciones de la Guardia Nacional.

Viernes

Recepción de información e inicio de elaboración de diagnóstico sobre características y deficiencias del sector eléctrico de los Puestos Fronterizos (Cararabo, San Carlos del Meta, Buena Vista del meta, Sta. Cruz de Atabapo, Santa Lucía, Solano, La Esmeralda y Tama-Tama).

SEMANA 3 (DEL 02FEB04 AL 06FEB04)

Lunes y Martes

Instalación en la obra “Construcción de dormitorios de Oficiales y SOPC de la COGEGUARNAC”, la cual es realizada por el Servicio de Mantenimiento y Construcción del SINGER, con la finalidad de efectuar inspección y revisión de posible rediseño de acometida principal para alimentar tablero principal de dicha instalación de tensión 208/120V. Inspección Visual del Transformador (posible alimentación) con la supervisión del tutor. Revisión del diseño elaborado y análisis

de cambios realizados a la carga a alimentar. Elaboración de rediseño de acometida principal (Calculo de carga tanto por capacidad de corriente y caída de tensión) y elección de posible calibre de conductor a alimentar dicha carga desde el Transformador de 12,75KV a 208V de la Electricidad de Caracas a el medidor – tablero.

Miércoles

Asesoría académica con el Ing. Francisco González en la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada (UNEFA), en el Núcleo de Maracay, sobre la información recabada y analizada hasta la fecha e inicio de redacción del capítulo I del informe de pasantías según formato de la UNEFA, Elaboración de la antecedentes históricos, justificación del problema, Objetivos y alcance del problema.

Jueves

Búsqueda de información en la Dirección de Telemática del Servicio de Comunicaciones de la Guardia Nacional acerca aspectos relacionados con las comunicaciones (Equipos, Sistemas de Almacenamiento y respaldo de Energía) de los Puestos que forman parte de la muestra, asimismo se recibió información acerca del proyecto telemático “Sistelsur”.

Viernes

Continuación de la evaluación y diagnostico de la información recibida del Comando Regional Nro.9, análisis de las deficiencias eléctricas de la muestra representativa.

SEMANA 4 (DEL 09FEB04 AL 13FEB04)

Lunes

Elaboración de cuadros representativos y comparativos de la información recibida del Comando Regional Nro.9, clasificación y desglose de posible información a ser utilizada en el diagnostico final para el estudio de carga del modelo de puesto fronterizo.

Martes

Visita a las Instalaciones de la Electrificación del Caroni C.A (EDELCA), en Chuao, Caracas, con la finalidad de buscar información teórica de Posible Instalación de Fuentes Alternas e Híbridas de Energía, así como búsqueda de información sobre datos estadísticos de variables climatologicas en la zona de posible evaluación.

Miércoles

Asesoría académica con el Ing. Francisco González en la UNEFA del núcleo Maracay, acerca del inicio y redacción del capítulo I del Informe de pasantías y sobre las actividades realizadas hasta la fecha según plan de actividades. Búsqueda de información en el Servicio de Meteorología, acerca de datos estadísticos climatológicos de la zona en estudio para realizar la evaluación técnica de posibles fuentes de Energía a utilizar.

Jueves

Asistencia al curso de inducción de la 1ra. Fase del XXXIII Curso de Comando y Plana Mayor correspondiente al periodo lectivo de 2004-2005, en la Escuela Superior de la Guardia Nacional.

Viernes

Continuación de la redacción del 1er. Capítulo del Informe de Pasantías.

SEMANA 5 (DEL 16FEB02 AL 20FEB04)

Lunes

Revisión y entrega del 1er. Capitulo del informe de pasantías y continuación de búsqueda de información teórica de posibles Fuentes Alternas e híbridas de Energía a ser instaladas en Puestos Fronterizos. Búsqueda de información, sobre modelos de construcciones de Puestos Fronterizos, en el Departamento de Proyectos del SINGER, evaluación de planos eléctricos y recepción de material de un modelo de Unidad militar Tipo para capacidad de 20 hombres.

Martes

Búsqueda, evaluación y análisis de información en el Departamento de catastro y proyectos del SINGER de la Guardia Nacional, acerca de información catastral, planos civiles y eléctricos de los puestos fronterizos.

Miércoles

Continuación del análisis de la información recabada del Departamento de catastro y proyectos del SINGER, y envío de solicitud de información acerca de datos estadísticos las variables climatologicas para la evaluación técnica de las posibles Fuentes de Energía a instalar.

Jueves

Inicio de elaboración del Link del SINGER de la pagina Web de la Guardia Nacional y redacción de resumen de actividades realizadas durante semana 1 a la semana 5 de las pasantías.

Viernes

Continuación de la elaboración de Pagina Web del Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional y continuación de revisión de información teórica de fuentes alternas e híbridas de Energía.

SEMANA 6 (DEL 25FEB04 AL 27FEB04)

Miércoles

Asesoría con el Ing. Francisco González, Tutor Académico del proyecto de investigación, en la UNEFA, núcleo Maracay, y visita al departamento de climatología del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar, con la finalidad de recabar información climatológica del proyecto.

Jueves

Inicio de revisión y análisis de la información recibida del Departamento de Climatología del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar. Continuación de revisión de información teórica de fuentes alternas e híbridas de Energía.

Viernes

Inicio de redacción del Capítulo II del Informe de Pasantías, referido al contenido teórico del proyecto de investigación.

SEMANA 7 (DEL 01MAR04 AL 05MAR04)

Lunes

Revisión y análisis de información de generación de Energía solar y eólica recabadas de diversas fuentes.

Martes

Continuación de elaboración y redacción del Capítulo II del informe de pasantías. Continuación de la elaboración de la Página Web del Servicio de Ingeniería de la Guardia Nacional.

Miércoles

Análisis de formatos y tablas de diversos trabajos efectuados de generación alterna e híbrida de Energía, con el fin de efectuar comparaciones y elaborar posible estudio de carga de los diferentes puestos a representar.

Jueves

Inicio de búsqueda de información acerca de empresas comerciales que fabriquen y distribuyan productos equipos y generadores de fuentes alternas de Energía, para conocer precios actuales de esos productos.

Viernes

Inicio de estudios de carga de los diferentes puestos especificando consumos estimados de dichos puestos.

SEMANA 8 (DEL 08MAR04 AL 12MAR04)

Lunes

Traslado a la sede del Comando Regional Nro.9 de la Guardia Nacional en la ciudad de Puerto Ayacucho Edo. Amazonas, con la finalidad de efectuar búsqueda de información relacionada con la investigación.

Martes

Entrevista con el Ciudadano G/B (GN) Gerardo Vivas Vaenegas, Jefe del Comando Regional Nro. 9 de la Guardia Nacional, acerca de posibles proyectos a realizarse relacionados con Energía alterna e híbrida, y posible información relacionada con el proyecto. Búsqueda de información en el Centro Regional de Comunicaciones de dicha unidad donde se recabo la información que se menciona a continuación:

- o Diagnostico y propuesta para una reinstalación del Sistema de Energía para los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional, elaborado en el año 1998, por el Servicio de Comunicaciones de la Guardia Nacional.
- o Plan de Mantenimiento, instalación y reinstalación de los Sistemas Fotovoltaicos de los Puestos Fronterizos adscritos al CR-6 y CR-9 de la Guardia Nacional de Venezuela, elaborado en el año 1999 por el Servicio de Comunicaciones de la Guardia Nacional de Venezuela.
- o Relación de Necesidades en el área de Energía Fotovoltaica que presentan los Puestos Fronterizos adscritos al CR-9 de la GN, elaborado en el año 2003, por la División de Logística del CR-9 de la GN.
- o Características Eléctricas de los inversores instalados en algunos Puestos Fronterizos.
- o Características eléctricas del banco de baterías instalados en algunos Puestos Fronterizos.

Miércoles

Traslado a la ciudad de Caracas al Servicio de Ingeniería, e inicio de análisis de la información recabada.

Jueves y Viernes

Continuación del análisis de la información recibida de la visita efectuada al CR-9 en Puerto Ayacucho Edo. Amazonas.

SEMANA 9 (DEL 15MAR04 AL 19MAR04)

Lunes

Continuación de la elaboración de las actividades planificadas para el desarrollo de las pasantías.

Martes

Elaboración del diagnostico del servicio eléctrico de los Puestos Fronterizos del CR-9 de la GNV, específicamente de la descripción del sistema actual.

Miércoles

Inicio de elaboración del estudio de carga de cada Puesto Fronterizo, tomando en consideración únicamente las cargas que alimentara el sistema fotovoltaico.

Jueves y Viernes

Inicio de ponderación de las variables climatologicas, recursos climatológicos e hidrológicos predominantes en las diferentes zonas que abarcan los puestos fronterizos tomados en consideración para el estudio.

SEMANA 10 (DEL 22MAR04 AL 26MAR04)

Lunes

Asesoría con el Ing. Francisco González, Tutor Académico del proyecto de investigación, en la UNEFA, núcleo Maracay.

Martes y Miércoles

Continuación de la ponderación de las variables climatologicas e inicio de elaboración de resúmenes y cuadros promedios de las diferentes variables

climatologicas que intervienen en la aplicación de las diferentes fuentes de Energía alterna.

Jueves y Viernes

Inicio de la verificación de la factibilidad económica de las diferentes fuentes alternas de energía y continuación e inicio de la elaboración del Capítulo III del informe de pasantías.

SEMANA 11 (DEL 29MAR04 AL 02ABR04)

Lunes y Martes

Continuación de la elaboración de los cuadros y resúmenes promedios de estadísticas y variables climatologicas de los diferentes años, proporcionadas por el Servicio de metereologia de la Aviación Militar Venezolana.

Miércoles

Inicio de rediseño del sistema fotovoltaico de los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional, contemplado como una aplicabilidad técnica de la Energía solar como Fuente alterna de Energía.

Jueves

Actividad personal en la Comandancia General de la Guardia Nacional autorizada por el Servicio de Ingeniería.

Viernes

Continuación de la elaboración del rediseño del sistema fotovoltaico de los Puestos Fronterizos de la Guardia Nacional.

SEMANA 12 (DEL 05ABR04 AL 09ABR04)Lunes y Martes

Inicio de elaboración de aplicabilidad técnica de Fuentes alternas e híbridas de Energía.

Miércoles Jueves y Viernes

No hubo actividades por celebración de Semana Santa.

SEMANA 13 (DEL 12ABR04 AL 16ABR04)Lunes y Martes

Continuación de la elaboración del Capítulo II del informe de pasantías e inicio de la evaluación económica de las posibles fuentes a proponer para la instalación.

Miércoles

Inicio de cálculos y dimensionamiento del sistema fotovoltaico a proponer.

Jueves y viernes

Inicio de Elaboración del Informe de Pasantías en forma general.

SEMANA 14 (DEL 19ABR04 AL 23ABR04)Lunes y Martes

Continuación de la elaboración del Informe de Pasantías, específicamente de diseño de sistemas propuestos, evaluación económica.

Miércoles, jueves y Viernes

Continuación de elaboración del Informe de Pasantías.

SEMANA 15-16(DEL 26ABR04 AL 07MAY04)

No se realizaron actividades, por incidencia de factores externos relacionados con el pasante.

Anexo "F"

Informacion Solicitada
a los Puestos Fronterizos

Información Solicitada a los Puestos Fronterizos

Calidad del Servicio Eléctrico

1. ¿Posee el puesto servicio eléctrico?

Mencione de que tipo (Red comercial, planta eléctrica, Paneles solares, aerogeneradores otros) Especifique: tipo y características del equipo (panel solar, aerogenerador o planta eléctrica)

Ejemplo: Potencia (W), Voltaje (V) Corriente (A), Tipo de combustible, otros datos de placa.

2. El servicio eléctrico del equipo es:

Excelente, Bueno, Regular, Malo. (Mencione)

3. ¿Aproximadamente cuantas interrupciones del equipo? (en tiempo)
4. ¿Posibles causas del desperfecto? (combustible, mecánicas, eléctricas)
5. En caso de desperfectos ¿cuanto tiempo tardan en solucionarlos?
6. ¿Quien efectúa el mantenimiento y con que frecuencia? (En tiempo)
7. ¿Qué tipo y cantidad de combustible utiliza la planta eléctrica (en caso de poseer)?
8. Mencione si el equipo eléctrico es propiedad de la GNV o de algún otro Organismo u Ente Publico o Privado. (Indique el Organismo)

Comunicaciones

1. Cuando se interrumpe el servicio eléctrico ¿cuanto tiempo queda incomunicado el puesto?
2. ¿qué autonomía poseen los equipos de comunicaciones? (Duración de la Carga de las Baterías) En Tiempo

3. Los equipos de comunicación poseen sistema alternativo en caso de falla eléctrica. (Paneles Solares, Aerogeneradores u otros) Indique
4. Tipo de Equipos de Comunicación. (Indique características)

Mantenimiento

1. ¿El puesto o las Unidades Superiores cuenta con personal calificado que efectúe reparaciones a las plantas?
2. ¿Existe alguna programación para efectuarle mantenimiento preventivo a los equipos?
3. ¿Quien es el encargado de suministrar el combustible (En caso de ser Planta Eléctrica), como es transportado y con que frecuencia?

Censo de Carga

1. ¿Indique Cantidad de personal con que cuenta el puesto? Especifique
2. ¿Posee equipos electrónicos y/o eléctricos (TV, electrodomésticos) así como bombas de agua u otras Especifique?
3. ¿Cantidad de tomas de corriente y luminarias existentes? (Luces internas y externas perimétricas)
4. ¿Área del puesto fronterizo? (en metros cuadrados)
5. Existe algún recurso natural cercano al puesto (Río, Lago, otro especifique)

Anexo "E"

Tablas utilizadas para el Cálculo de Conductores y Tuberías

Tablas Utilizadas para el Cálculo de Conductores y Tuberías

Factor de Corrección por Temperatura. Conductores de Cobre

Temp. Ambient. °C	60°C (140°F) TW, UF	75°C (167°F) FEPW, RH RHW, THW XHHW, THWN USE, ZW	85°C V	90°C (194°F) TA, TBS, SA AVB, SIS, FEP FEPB, RHH THHN, XHHW
COBRE				
31 - 40	0,82	0,88	0,9	0,91
41 - 45	0,71	0,82	0,85	0,87
46 - 50	0,58	0,75	0,8	0,82
51 - 60	--	0,58	0,67	0,71
61 - 70	--	0,35	0,52	0,58
71 - 80	--	--	0,3	0,41

Fuente: González F. 1998

Factor de Corrección por Ducto en Porcentaje. (F_{ducto})

Número de Conductores	Factor de Corrección por Ducto (F _{ducto})
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 24	0.66
25 a 42	0.60
Más de 43	0.50

Fuente: González. F. 1998

Factor de Corrección de Bancadas. (F_{bancada})

100	100
100	100

F_{bancada} = 100

95	95
83	83
83	83
95	95

F_{bancada} = 89

85	65	62	62	65	85
65	38	31	31	38	65
62	31	20	20	31	62
62	31	20	20	31	62
65	38	31	31	38	65
85	65	62	62	65	85

F_{bancada} = 51

96	96
87	87
96	96

F_{bancada} = 93

91	77	91
75	60	75
75	60	75
91	77	91

F_{bancada} = 78

90	77	90
73	55	73
71	52	71
70	47	70
70	47	70
71	52	71
73	55	73
90	77	90

F_{bancada} = 70

93	79	93
79	64	79
93	79	93

F_{bancada} = 83,5

93	93
80	80
78	78
76	76
76	76
78	78
80	80
93	93

F_{bancada} = 82

89	71	71	89
71	48	48	71
71	48	48	71
89	71	71	89

F_{bancada} = 70

Fuente: González F. 1998

Capacidad de Corriente en Amperios. Conductores de Cobre

TAMAÑO AWG O mcm mcm	60°C (140°F) TW, UF	75°C (167°F) FEPW, RH RHW, THW XHHW, THWN USE, ZW	85°C V	90°C (194°F) TA, TBS, SA AVB, SIS, FEP FEPB, RHH THHN, XHHW
	COBRE			
18	--	--	--	14
16	--	--	18	18
14	20+	20+	25	25+
12	25+	25+	30	30+
10	30+	35+	40	40+
8	40	50	55	55
6	55	65	70	75
4	70	85	95	95
3	85	100	110	110
2	95	115	125	130
1	110	130	145	150
1/0	125	150	165	170
2/0	145	175	190	195
3/0	165	200	215	225
4/0	195	230	250	260
250	215	255	275	290
300	240	285	310	320
350	260	310	340	350
400	280	335	365	380
500	320	380	415	430
600	355	420	460	475
700	385	460	500	520
750	400	475	515	535
800	410	490	535	555
900	435	520	565	585
1000	455	545	590	615
1250	495	590	640	665
1500	520	625	680	705
1750	545	650	705	735
2000	560	665	725	750

Fuente: González. F. 1998.

Conductores Monopolares de Cobre. THW. Capacidad de Distribución

AWG o mcm	$\Delta V = 2\%$				
	$\cos \phi$				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7
14	226	236	249	278	317
12	359	375	394	439	498
10	571	593	622	687	780
8	908	934	975	1076	1207
6	1392	1417	1473	1616	1800
4	2210	2216	2288	2481	2735
2	3521	3448	3526	3762	4086
1	4470	4277	4329	4549	4872
1/0	5592	5246	5269	5470	5796
2/0	6812	6267	6247	6411	6726
3/0	8808	7702	7590	7665	7933
4/0	10881	9408	9164	9095	9284
250	12790	10759	10375	10163	10267
300	13741	11450	11015	10740	10812
350	15925	12873	12250	11781	11735
400	18217	14279	13456	12770	12596
500	22473	165388	15306	14186	13756
600	24289	17539	16138	14852	14330
700	27639	19206	17488	15893	15209
750	28289	19566	17786	16149	15434

Fuente: González F. 1998

Numero Máximo de Conductores en Tuberías

Tamaño Comercial de la Tubería (pulgadas)	Calibre	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
Letras Código													
TW XHHW (14 A 8)	14	9	15	25	44	60	99	142	-	-	-	-	-
	12	7	12	19	35	47	78	111	171	-	-	-	-
	10	5	9	15	26	36	60	85	131	176	-	-	-
	8	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108	-	-
RHW Y RHH (Sin cubierta externa) THW	14	6	10	16	29	40	65	93	143	192	-	-	-
	12	4	8	13	24	32	53	76	117	157	-	-	-
	10	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163	-	-
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	133	-
TW THW	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	97	141
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	73	106
	3	1	1	2	4	6	10	15	23	31	40	63	91
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	54	78
	1	-	1	1	3	4	6	9	14	19	25	39	57
FEBP (2 a 6) RHW Y RHH (Sin cubierta externa)	1/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	49
	2/0	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18	29	41
	3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15	24	35
	4/0	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13	20	29
	250	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10	16	23
	300	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9	14	20
	350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8	12	18
	400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	11	16
	500	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6	9	14
	600	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11
	700	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	7	10
	750	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	9

Fuente: González F. 1998

Anexo "H"

Variables Climatologicas

Estacion San Fernando de Apure

Resumen Climatológico año 1992
Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.8	28.1	29.6	29.2	26.6	26.4	24.4	24.8	25.6	26.0	25.8	25.5	26.6
max media	33.6	35.4	36.9	35.7	31.6	30.8	29.2	29.2	30.4	31.2	31.2	31.7	32.2
min media	22.1	23.0	24.2	24.5	23.0	22.5	21.8	21.8	22.7	22.8	22.4	21.3	22.7
max absol	34.6	36.7	38.0	39.4	37.0	33.0	31.6	31.3	31.8	32.4	33.6	33.0	39.4
min absol	20.2	19.4	21.5	20.9	21.2	20.3	19.4	13.1	20.2	19.5	21.3	19.5	13.1
HUMED. media %	78	75	71	73	86	94	94	92	91	89	89	85	85
max media	96	95	89	90	97	99	100	100	100	100	100	99	97
min media	54	51	50	53	66	70	74	72	70	67	66	61	63
max absol	99	99	98	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	45	42	44	44	48	62	66	65	64	61	61	52	42
PRES med hPa *							11.8	11.3	8.3	8.5	7.1	8.1	
max media *							14.1	13.8	11.1	11.6	10.1	11.1	
min media *							9.4	8.6	5.7	5.9	4.4	5.8	
max absol *							17.0	15.8	14.2	14.5	11.7	12.4	
min absol *							6.4	4.1	3.6	4.0	2.6	4.1	
VIENT vel med Km/h	9.3	10.6	10.9	8.1	5.5	5.5	4.9	5.7	6.3	6.4	6.4	8.3	7.3
dir preval	ENE	NNE	ENE	ENE	ENE	ENE	NNE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE
vel max	53.3	56.2	52.2	68.0	58.7	53.3	65.5	63.0	54.0	57.2	52.2	50.4	68.0
dir vel max	NE	NE	NNE	ESE	NNE	ESE	ESE	E	NE	NNE	NE	ENE	ESE
NUB med Octavos	7.3	7.3	7.3	7.5	7.5	7.7	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3	7.1	7.4
Dias c\nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c\nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
c\nub 5-7/8	12	10	10	7	7	4	3	4	5	9	6	13	90
c\nub > 7/8	19	19	21	23	24	26	28	27	25	22	22	16	272
INSOL med Horas	9.2	9.4	8.9	6.8	5.2	4.0	3.4	4.9	6.6	7.8	6.7	9.3	6.9
max absol	10.5	10.5	10.6	9.6	10.8	10.0	9.7	10.8	10.5	10.8	10.5	10.5	10.8
min absol	5.6	1.7	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.3	1.0	6.1	0.0
RAD med MJm ²	13.78	14.40	14.74	13.73	11.97	11.26	4.94	5.36	6.24				
max absol	15.45	15.95	15.91	17.59	17.21	16.41	13.23	8.88	7.49				
min absol	12.14	11.01	12.56	2.68	4.35	4.69	2.05	2.47	3.68				
PRECIP Total mm.	0	0	0	145	213	316	242	266	105	71	17	0	1375
max día mm.	0	0	0	66	60	83	62	59	32	43	7	1	83
EVAP Total mm.	212	259	313	249	105	56	55	81	102	117	109	186	1844
max día.	8.2	10.2	14.9	12.3	7.1	4.1	3.5	4.1	6.0	6.0	5.6	7.5	14.9

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana
Resumen Climatológico año 1993

Estación San Fernando de Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.0	27.3	28.0	26.7	24.1	23.5	25.1	26.1	25.9	25.5	24.6	24.9	25.6
max media	32.7	34.7	34.3	32.9	29.1	27.8	29.3	30.0	30.4	31.0	30.0	31.7	31.2
min media	21.1	21.7	21.6	22.2	21.0	20.8	22.3	23.5	23.1	22.0	21.1	20.4	21.7
max absol	34.9	35.9	36.8	38.8	31.8	31.0	32.0	32.6	32.4	32.4	31.9	35.2	38.8
min absol	14.2	20.2	20.1	13.9	18.7	19.0	20.2	20.6	21.1	19.7	19.9	18.6	13.9
HUMED. media %	82	77	75	80	92	92	92	90	90	88	89	84	86
max media	99	97	95	97	100	100	100	100	100	100	100	99	99
min media	58	54	54	58	72	73	71	69	68	65	65	58	64
max absol	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	51	49	44	46	60	63	64	62	63	59	58	50	44
PRES media hPa *	9.7	8.5	8.9	7.7	8.6	10.8	11.0	10.9	9.3	8.4	7.7	8.4	9.2
max media *	12.9	12.1	12.5	11.0	11.3	13.3	13.4	13.4	12.1	11.7	10.9	11.5	12.2
min media *	7.1	5.8	5.6	4.8	6.2	8.3	8.6	8.4	6.5	5.7	5.1	6.0	6.5
max absol *	14.7	14.2	14.4	22.5	14.4	15.6	16.6	17.0	13.9	14.1	14.5	15.2	22.5
min absol *	4.9	4.1	2.8	2.0	3.3	6.2	5.5	4.8	4.6	3.4	3.0	3.2	2.0
VIEN vel med Km/h	9.3	10.1	10.2	7.5	5.3	5.4	5.8	5.6	5.9	6.5	6.7	8.3	7.2
dir preval	ENE	NNE	ENE	ENE	ENE	NNE	NNE	S	NNE	ENE	NE	NNE	ENE
vel max	53.3	47.5	51.1	46.8	56.2	45.7	61.6	57.6	40.0	48.2	45.7	45.7	61.6
dir vel max	ENE	ENE	NE	NE	SW	N	SSE	SSE	ESE	SSW	ENE	NE	SSE
NUB med Octavos	7.0	7.3	7.2	7.2	7.4	7.6	7.7	7.4	7.4	7.4	7.1	7.3	7.3
Dias c\nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c\nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c\nub 5-7/8	18	9	17	10	9	3	5	8	9	5	11	8	112
c\nub > 7/8	13	19	14	20	22	27	26	23	21	26	19	23	253
INSOL med Horas	9.0	9.0	8.3	5.5	4.3	4.1	4.4	2.6	6.9	8.8	7.2	8.9	6.6
max absol	10.7	11.0	10.6	10.6	10.4	9.7	9.8	5.5	10.2	10.6	10.3	10.6	11.0
min absol	4.4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.8	4.2	0.0
RAD med MJm ⁻²		I	N	S	T	R	U	M	E	N	T	O	
max absol		I	N	O	P	E	R	A	T	I	V	O	
min absol		I	N	O	P	E	R	A	T	I	V	O	
PRECIP Total mm.	0	0	1	37	245	258	319	196	71	99	30	2	1258
max día mm.	0	0	1	9	54	53	45	41	27	52	10	2	54
EVAP Total mm.	235	270	307	218	85	35	51	82	120	123	103	166	1795

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico año 1994
Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	25.5	26.5	28.1	E	E	22.6	22.7	25.9	27.2	27.5	27.2	27.1	
max media	32.7	33.7	34.8			27.7	27.2	30.4	31.6	32.3	32.0	33.0	
min media	20.3	21.3	23.1	S	S	19.5	20.2	23.2	24.2	24.1	23.9	22.6	
max absol	34.4	36.8	35.4			30.2	32.8	33.0	33.2	34.2	33.7	34.3	
min absol	18.5	20.8	19.1	T	T	17.1	17.8	21.2	22.1	20.4	21.6	20.1	
HUMED. media %	79	77	74			88	90	90	88	87	86	83	
max media	100	97	93	A	A	100	100	97	100	100	100	100	
min media	52	54	55			62	67	67	64	51	61	54	
max absol	100	99	100	C	C	100	100	100	100	100	100	100	
min absol	37	47	44			48	54	56	55	51	49	47	
PRES media hPa *	9.1	8.9	8.1	I	I	12.1	12.9	13.1	11.2	9.4	10.0	10.3	
max media *	12.4	12.4	11.7			14.4	14.6	15.5	14.2	15.7	12.9	13.2	
min media *	6.6	6.1	5.2	O	O	9.5	10.4	10.3	8.5	3.8	7.4	7.9	
max absol *	14.4	13.4	15.2			16.3	18.5	17.1	16.1	15.7	14.6	14.8	
min absol *	5.2	2.7	4.2	N	N	5.8	8.0	7.5	5.7	3.8	5.4	6.5	
VIEN vel med Km/h	9.9	11.0	10.5			6.6	6.5	5.3	5.0	5.2	5.9	7.9	
dir preval	NNE	ENE	ENE			ENE	ESE		E	ESE	ESE	ESE	
vel max	46.8	48.6	50.4			40.4	45.0	49.7	65.9	49.3	35.6	39.2	
dir vel max	NE	ESE	E			ESE	ESE	E	SE	ESE	ESE	ESE	
NUB med Octavos	7.3	7.4	7.2			7.7	7.9	7.8	7.7	7.7	7.4	7.1	
Dias c'nub < 1/8	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	
c'nub 1-4/8	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	
c'nub 5-7/8	9	5	8	I	I	3	1	0	18	2	10	14	
c'nub > 7/8	22	23	23			27	30	31	12	29	20	17	
INSOL med Horas	9.5	9.8	8.0	N	N	4.4	5.1	4.7	6.7	7.8	7.9	9.7	
max absol	11.0	10.4	10.9			10.3	10.7	9.9	10.9	11.3	11.2	10.9	
min absol	6.0	0.2	5.6	O	O	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	4.0	
RAD med MJm ⁻²						13.48	12.94	19.39	13.48	14.74	13.06	13.52	
max absol				P	P	18.46	18.55	18.00	17.96	17.12	16.20	16.71	
min absol						7.08	5.11	4.23	4.77	2.97	7.87	11.43	
PRECIP Total mm.	0	0	0	E	E	24	161	317	247	126	109	13	
max día mm.	0	0	0			47	34	47	68	74	40	13	
EVAP Total mm.	191	207	272			110	93	86	69	100	121	184	
max día	7.2	10.5	8.5	V	V	6.3	5.8	4.9	5.9	6.1	6.2	7.3	

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico año 1995 Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.9	28.2	29.2	29.3	28.0	26.1	26.1	26.4	27.3	27.1	27.2	27.2	27.4
max media	33.8	35.6	36.0	35.7	33.8	30.7	30.9	31.6	32.6	32.8	32.9	33.9	33.4
min media	21.8	22.4	24.0	24.4	23.9	23.7	23.2	23.6	23.6	23.4	23.2	22.4	23.3
max absol	35.9	37.5	38.2	38.8	37.7	33.1	33.4	33.4	34.6	34.3	34.2	34.9	38.8
min absol	20.0	20.1	22.7	22.3	21.9	22.2	21.0	21.0	21.3	22.0	21.3	20.5	20.0
HUMED. media %	77	71	70	72	82	93	92	92	89	87	81	77	82
max media	99	95	90	89	98	100	100	100	100	100	95	98	97
min media	48	45	45	46	56	71	68	66	61	59	52	49	56
max absol	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	41	38	33	31	33	57	61	52	53	53	45	40	31
PRES media hPa *	11.6	10.9	8.8	8.1	10.3	11.8	11.6	10.9	11.1	9.1	9.2	10.0	10.3
max media *	14.8	14.3	12.2	11.3	13.1	14.1	13.9	13.3	14.0	11.9	11.6	12.9	13.1
min media *	9.3	8.3	5.6	4.9	7.2	9.2	8.8	8.4	8.3	6.2	6.1	7.3	7.5
max absol *	17.3	16.2	13.8	13.0	15.3	15.6	18.7	16.0	18.2	14.2	13.5	16.3	18.7
min absol *	6.3	5.2	2.9	2.6	3.6	7.5	6.4	6.2	6.3	3.9	4.5	4.8	2.6
VIEN vel med Km/h	9.4	10.7	9.7	7.8	6.6	5.5	5.4	5.1	5.2	5.5	6.5	8.1	7.1
dir preval	NNE	ENE	ENE	E	ESE	ESE	ENE	ESE	ENE	ESE	ESE	ESE	ESE
vel max	37.8	37.8	38.2	38.5	46.8	45.7	79.2	54.0	46.8	46.1	34.9	33.1	79.2
dir vel max	ESE	E	E	ESE	SE	SE	SE	WSW	SSE	ESE	ESE	ESE	SE
NUB med Octavos	7.3	7.3	6.9	7.0	7.3	7.8	7.7	7.4	7.1	6.9	6.3	5.7	7.1
Dias c\nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c\nub 1-4/8	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	3	7
c\nub 5-7/8	5	5	14	11	13	1	3	10	16	14	24	27	143
c\nub > 7/8	26	23	16	18	18	29	28	21	13	17	5	1	215
INSOL med Horas	9.8	10.1	8.5	5.9	4.8	4.8	5.8	5.7	7.7	7.5	8.4	9.1	7.3
max absol	10.7	11.1	11.2	11.0	9.3	10.8	10.3	10.8	10.9	10.8	10.9	10.9	11.2
min absol	7.1	5.3	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.9	1.0	1.0	1.6	2.4	0.0
RAD med MJm ⁻²	16.41	18.34	16.24	14.23	12.55	12.01	12.10	12.42	13.77	12.61	14.26	15.93	14.24
max absol	18.55	19.85	19.43	18.45	16.71	16.48	15.86	16.72	17.66	15.99	18.14	18.00	19.85
min absol	13.44	16.45	8.33	5.25	3.27	5.71	7.53	4.36	4.94	6.42	5.51	12.51	3.27
PRECIP Total mm.	1	0	0	27	205	257	287	135	162	148	25	3	1250
max dia mm.	1	0	0	16	42	31	57	41	36	54	11	1	57
max 10 min mm.	0.0	0.0	0.0	7.3	19.6	16.9	12.7	10.4	11.7	9.7	7.0	0.8	19.6
EVAP Total mm.	229	277	287	241	170	69	68	72	81	114	133	177	1918
max dia	9.0	11.8	12.0	11.4	10.4	4.1	3.4	3.9	4.6	5.4	6.1	7.8	12.0

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico año 1996 Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	27.0	28.2	29.4	30.1	27.7	26.0	25.6	26.7	27.1	27.5	27.8	27.3	27.5
max media	34.4	35.2	36.3	36.7	33.1	30.7	29.6	31.0	31.3	32.1	32.4	32.8	33.0
min media	21.4	23.0	24.0	25.0	24.0	23.5	23.2	23.6	24.0	24.1	24.3	23.2	23.6
max absol	36.4	36.5	38.3	38.0	35.8	33.6	32.0	33.4	33.2	33.7	34.1	34.2	38.3
min absol	19.3	20.6	21.9	22.4	21.0	20.3	21.4	21.0	21.9	21.0	23.4	21.0	19.3
HUMED. media %	69	66	80	56	79	89	91	90	87	85	85	81	80
max media	95	90	80	73	98	99	100	100	99	98	99	98	94
min media	40	40	35	36	53	67	68	67	64	62	59	55	54
max absol	100	99	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	31	30	27	29	40	46	57	56	52	49	52	44	27
PRES media hPa *	9.4	9.3	8.9	8.8	11.0	11.6	13.1	11.9	10.7	9.5	8.5	9.7	10.2
max media *	12.7	12.7	12.5	12.4	13.8	14.3	15.3	14.3	13.4	12.5	11.5	12.6	13.2
min media *	6.7	6.2	5.6	5.3	7.8	9.3	10.4	8.9	7.7	6.3	5.5	6.9	7.2
max absol *	14.8	14.6	14.5	14.2	15.3	17.0	18.1	18.2	16.7	14.8	13.5	14.2	18.2
min absol *	4.1	3.6	3.1	3.1	5.6	5.7	7.0	6.0	4.3	3.5	1.9	4.3	1.9
VIEN vel med Km/h	8.6	9.7	10.8	10.4	7.9	5.8	5.8	5.8	5.0	6.1	7.9	7.6	7.6
dir preval	E	E	E	ESE	E	E	ESE	ESE	7	ESE	E	E	E
vel max	34.9	32.4	43.9	35.3	45.4	49.7	47.2	55.8	59.8	57.2	41.0	36.0	59.8
dir vel max	ESE	ESE	E	E	E	SE	SSE	S	SSE	SE	ESE	E	SSE
NUB med Octavos	5.6	4.9	5.0	5.3	6.8	7.2	7.2	7.0	7.4	7.5	7.2	6.7	6.5
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	4	15	15	14	0	2	0	1	0	0	0	0	51
c'nub 5-7/8	26	11	15	13	19	6	15	16	7	6	13	24	171
c'nub > 7/8	1	3	1	3	12	22	16	14	23	25	17	7	144
INSOL med Horas	9.9	9.0	9.8	8.0	7.3	4.5	2.9	7.1	6.8	7.6	8.2	9.5	7.6
max absol	10.9	11.1	10.8	10.7	11.3	11.2	8.4	11.7	11.0	11.2	11.0	10.9	11.7
min absol	7.2	1.6	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	2.1	0.4	0.0
RAD med MJm ⁻²	17.20	17.37	21.56	20.30	19.59	15.19	14.06	16.53	16.50	17.14	16.58	16.83	17.40
max absol	18.88	19.93	24.45	25.03	24.36	21.89	19.93	23.82	21.81	21.14	19.60	19.59	25.03
min absol	15.65	13.48	18.00	13.14	6.74	6.49	7.49	7.08	2.98	3.73	10.17	6.95	2.98
PRECIP Total mm.	0	0	0	13	178	467	316	322	135	187	30	19	1667
max día mm.	0	0	0	10	62	86	92	85	43	135	16	18	135
EVAP Total mm.	239	270	342	339	152	71	62	83		110	133	155	
max día	9.2	11.8	13.1	13.5	8.2	4.5	3.5	4.8		5.4	5.6	7.4	

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico año 1997
Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.8	27.1	28.4	29.6	28.1	27.3	25.8	26.9	27.3	27.6	28.2	27.8	27.6
max media	33.2	32.9	34.9	35.4	33.6	32.3	30.4	31.1	30.9	33.1	33.6	34.0	33.0
min media	21.5	23.2	23.5	25.1	24.6	24.1	23.5	24.2	24.2	24.2	24.2	23.3	23.8
max absol	35.0	34.5	36.5	37.5	35.7	35.1	32.5	33.5	33.6	35.1	35.7	35.0	37.5
min absol	19.0	21.9	21.1	23.9	23.6	22.3	21.5	21.4	22.5	21.9	23.4	21.7	19.0
HUMED. media %	75	74	64	67	76	84	89	85	80	81	80	76	78
max media	96	93	85	88	94	97	98	96	96	96	97	97	94
min media	48	49	41	46	51	58	66	62	56	53	53	46	52
max absol	100	100	92	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100
min absol	37	38	31	32	37	47	53	50	47	37	45	36	31
PRES media hPa *	10.4	10.7	9.9	9.4	10.7	10.7	12.6	12.2	9.7	8.9	9.4	10.1	10.4
max media	12.8	13.6	13.2	12.8	13.3	12.9	14.8	14.7	12.4	11.8	12.3	13.1	13.1
min media	7.6	7.7	6.8	6.3	7.5	7.8	9.9	9.6	7.0	6.0	6.6	7.7	7.5
max absol	14.5	15.5	14.7	15.0	15.6	14.9	16.6	18.1	14.8	13.5	15.1	15.0	18.1
min absol	6.2	6.1	5.5	4.4	5.6	4.6	7.2	6.0	5.0	2.7	4.0	4.7	2.7
VIEN vel med Km/h	10.3	11.8	12.7	9.8	8.4	7.4	5.7	6.2	6.2	6.6	8.2	10.3	8.6
dir preval	E	ENE	ENE	ENE	ESE	ESE	ENE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
vel max	33.1	37.1	34.5	36.7	46.8	47.9	52.2	61.2	72.0	57.6	43.2	42.8	72.0
dir vel max	E	ESE	ENE	ENE	E	ESE	SE	NW	SE	SE	ESE	ESE	SE
NUB med Octavos	6.5	7.0	7.0	7.2	7.6	7.5	7.6	7.4	7.3	7.3	7.1	6.2	7.1
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 5-7/8	28	18	17	12	7	8	4	6	12	10	15	28	165
INSOL med Horas	9.5	6.8	9.8	7.6	5.5	6.6	4.5	6.7	8.0	8.5	9.0	10.0	7.7
max absol	11.1	10.5	11.2	11.6	11.2	11.0	11.9	12.0	11.0	10.9	11.1	11.0	12.0
min absol	5.1	0.0	5.9	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.5	3.0	1.9	4.4	0.0
RAD med MJm ⁻²	17.90	16.40	21.50	18.40	17.40	16.40	13.30	16.00	18.00	16.90	16.50	16.70	17.12
max absol	20.40	20.90	23.80	22.70	22.40	22.10	20.70	21.80	22.40	21.30	19.80	18.40	23.80
min absol	13.40	10.00	16.40	11.80	10.35	8.90	6.90	5.20	7.10	10.60	13.10	11.80	5.20
PRECIP Total mm.	0	1	0	38	49	127	443	173	44	174	15	3	1067
max dia mm.	0	1	0	31	17	47	67	41	18	104	13	3	104
max 10 min mm.	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	8.9	9.2	12.1	5.8	9.0	3.4	0.0	12.1
EVAP Total mm.	252	223	334	268	193	136	81	107	127	133	135	209	2198
max dia	8.0	12.3	12.5	11.7	11.2	7.9	5.1	6.5	6.2	6.9	6.1	9.0	12.5

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen climatológico año 1998 Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	28.6	30.1	30.2	29.1	27.4	26.5	26.5	27.3	27.6	27.7	27.6	27.3	28.0
max media	35.6	36.7	36.6	34.5	32.5	30.9	30.7	32.1	31.7	32.5	32.7	33.0	33.3
min media	23.6	25.3	25.6	25.0	24.6	23.9	23.7	24.2	24.5	24.6	23.8	23.2	24.3
max absol	38.8	39.6	38.9	36.9	34.6	34.1	39.6	37.7	34.2	33.9	34.1	34.5	39.6
min absol	21.8	23.8	22.0	23.5	22.3	22.0	21.9	22.1	22.2	23.4	22.2	21.7	21.7
HUMED. media %	70	66	65	75	86	91	89	84	86	88	84	82	81
max media	94	88	85	93	98	99	99	97	99	100	100	99	96
min media	41	40	41	51	61	66	67	60	62	61	57	54	55
max absol	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	31	29	32	38	41	53	56	46	50	49	46	48	29
PRES media hPa *	9.1	9.2	8.4	8.9	11.2	12.7	12.6	11.1	10.4	9.5	8.6	9.1	10.1
max media	12.3	12.5	11.9	11.8	13.4	14.9	14.8	13.5	13.0	12.3	11.2	11.9	12.8
min media	6.6	6.8	5.4	6.0	8.7	10.2	10.1	8.6	7.7	6.7	5.6	6.5	7.4
max absol	14.8	14.7	13.7	13.4	16.8	17.5	17.5	15.8	15.9	15.2	13.8	14.6	17.5
min absol	5.2	4.5	3.5	4.2	6.0	8.1	7.9	6.0	6.1	4.7	3.9	3.5	3.5
VIEN vel med Km/h	11.2	10.8	11.5	7.9	6.1	6.1	6.1	6.1	6.5	6.5	8.5	8.6	8.0
dir preval	ESE	ESE	ESE	ESE	WSW	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
vel max	45.0	50.4	51.1	45.0	47.9	61.2	52.2	51.5	50.4	53.3	50.0	36.0	61.2
dir vel max	ESE	ESE	SE	ENE	WSW	SE	SSE	E	SSE	SE	ESE	ESE	ESE
NUB med Octavos	6.2	6.9	7.0	7.5	7.8	7.7	7.8	8.0	7.7	7.6	7.5	7.5	7.4
Días c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
c'nub 5-7/8	28	19	19	7	1	2	1	0	3	2	6	6	94
INSOL med Horas	10.2	8.8	8.3	6.6	5.0	4.5	5.6	7.0	6.9	8.5	9.3	8.7	7.5
max absol	10.8	11.0	10.8	10.5	11.0	11.0	11.5	11.5	11.2	11.2	11.1	10.8	11.5
min absol	9.2	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	4.9	0.6	0.0
RAD med MJm ⁻²	19.40	19.43	19.50	18.34	15.68	14.19	14.58	16.71	16.33	17.00	16.60	14.78	16.9
max absol	22.55	22.17	23.14	23.76	22.10	21.24	22.28	21.70	21.81	20.45	19.07	17.22	23.8
min absol	16.79	13.69	2.93	6.52	6.66	6.00	5.62	7.93	3.53	8.86	13.92	7.95	2.9
PRECIP Total mm.	0	33	87	126	390	443	405	252	91	110	16	19	1972
max día mm.	0	33	75	63	127	70	71	51	50	21	8	10	127
max 10 min mm.	0.0	13.0	8.8	23.1	16.5	12.1	18.4	14.9	9.3	13.9	6.1	7.5	23.1
EVAP Total mm.	294	292	352	142	75	49	45	89	112	119	165	108	1842
max día	11.3	13.0	13.5	8.8	4.3	2.9	3.2	4.6	5.9	5.5	5.3	7.5	13.5

Fuente: Servicio Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico año 1999
Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.9	27.7	28.7	27.8	27.9	26.2	25.2	26.1	26.2	26.9	27.5	27.1	27.0
max media	33.0	34.0	35.3	33.2	33.9	31.4	30.0	30.8	31.7	31.3	31.9	32.3	32.4
min media	22.4	22.9	23.7	23.9	24.0	22.8	22.7	23.4	23.6	23.7	24.2	23.2	23.4
max absol	34.4	35.7	36.6	35.5	36.7	34.9	32.5	33.1	34.0	33.4	33.7	33.5	36.7
min absol	21.2	20.9	21.2	22.3	22.4	20.3	19.9	21.7	21.8	21.0	22.6	20.7	19.9
HUMED. media %	80	75	69	78	77	87	94	89	87	85	88	82	83
max media	100	97	95	98	97	99	100	99	99	98	99	99	98
min media	50	47	40	48	44	61	71	65	61	62	63	55	56
max absol	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	37	39	30	35	26	33	59	55	50	49	50	42	26
PRES media hPa *	9.6	9.9	8.5	10.3	10.4	10.8	12.8	12.2	9.9	10.3	8.4	9.3	10.2
max media	12.6	12.9	11.8	13.0	13.1	13.1	15.0	14.4	12.5	13.0	10.8	11.9	12.8
min media	6.9	7.0	5.4	7.2	7.5	8.1	10.2	9.4	7.1	7.6	5.7	6.7	7.4
max absol	14.3	15.2	13.1	14.6	15.3	15.2	17.2	16.9	14.9	15.0	12.4	13.4	17.2
min absol	4.9	5.7	4.1	5.2	6.0	5.6	8.0	7.2	4.7	5.2	2.7	5.5	2.7
VIEN vel med Km/h	10.8	11.5	11.1	8.6	7.3	6.8	5.6	6.2	5.6	6.1	6.4	8.1	7.8
dir preval	ESE	ESE	ESE	ESE	SE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
vel max	36.0	40.0	37.8	50.0	32.8	39.2	50.4	37.8	42.8	36.4	37.4	34.2	50.4
dir vel max	ESE	SE	E	SE	SSE	ENE	SSE	SSW	SSW	WNW	WSW	ESE	SSE
NUB med Octavos	7.5	7.9	7.8	7.9	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	7.7	7.8	7.8
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 5-7/8	2	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	7
c'nub > 7/8	29	28	30	29	29	30	31	30	30	31	30	31	358
INSOL med Horas	9.0	8.6	9.1	7.0	8.3	6.1	5.5	5.2	6.7	7.5	7.3	9.2	7.5
max absol	10.7	10.8	10.9	10.8	11.4	11.0	10.7	11.3	11.0	11.3	10.9	11.2	11.4
min absol	3.3	1.6	0.2	0.7	0.0	0.0	0.1	0.5	0.3	0.0	0.0	4.0	0.0
RAD med MJm ⁻²	15.84	16.98	19.21	14.24	16.48	16.33	14.84	15.89	16.25	15.79	17.62		
max absol	17.69	19.65	22.23	20.51	21.61	22.27	21.24	21.87	22.66	20.48	23.11		
min absol	12.40	11.90	13.81	8.92	5.30	3.88	8.33	8.27	9.71	2.63	12.02		
PRECIP Total mm.	1	1	26	391	98	238	272	215	148	305	63	3	1761
max dia mm.	1	1	15	150	57	82	46	57	25	142	32	2	150
max 10 min mm.	0.0	0.0	7.6	17.1	8.8	16.6	16.3	14.3	6.6	16.1	3.2	1.2	17.1
EVAP Total mm.	85	94	110	67	72	44	49	63	66	71	70	82	873
max dia	3.5	4.2	4.6	4.0	3.6	3.5	3.0	3.4	3.7	3.2	3.7	5.2	5.2

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico año 2000 Estación San Fernando Apure

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	27.0	27.5	27.8	28.9	28.0	26.3	25.8	26.6	26.2	27.1	27.3	26.6	27.1
max media	33.0	33.6	33.6	34.7	33.4	30.9	30.5	31.5	31.1	31.9	32.6	32.3	32.4
min media	22.6	22.7	23.3	24.3	24.3	23.3	24.2	23.5	23.3	23.9	23.9	22.6	23.5
max absol	34.4	34.5	35.8	36.3	37.4	33.4	32.7	33.1	33.1	33.8	33.8	33.1	37.4
min absol	20.4	21.3	21.6	22.7	22.3	22.4	20.2	21.6	21.0	22.3	22.6	20.0	20.0
HUMED. media %	75	71	71	69	79	88	88	88	90	89	84	79	81
max media	96	93	92	90	95	99	99	99	100	99	98	100	97
min media	42	45	48	47	53	65	64	62	62	65	60	53	56
max absol	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	35	38	34	36	37	51	53	52	53	56	49	44	34
PRES media hPa *	9.8	11.2	9.4	10.0	10.7	11.8	11.7	11.3	10.3	10.1	8.4	10.6	10.4
max media	12.7	14.3	12.3	12.8	13.2	14.3	13.8	13.9	12.9	12.8	11.1	13.3	13.1
min media	7.2	8.2	6.4	6.9	7.6	9.2	9.0	8.4	7.7	7.3	5.7	8.1	7.6
max absol	15.0	17.3	13.9	14.2	16.3	16.9	16.7	17.5	15.6	16.9	13.7	14.7	17.5
min absol	5.0	5.9	3.4	4.9	4.6	6.9	7.0	5.9	3.9	4.4	2.4	6.7	2.4
VIEN vel med Km/h	9.6	11.3	11.9	11.7	8.2	7.2	8.0	6.6	6.1	5.8	7.9	7.6	8.5
dir preval	ESE	SE	SE	SSE	SSE	ENE	E	NE	ENE	E	E	E	E
vel max	34.9	33.1	36.0	37.1	40.7	41.0	47.5	36.7	54.7	41.8	32.4	32.4	54.7
dir vel max	ESE	SE	SE	SSE	ENE	E	SE	ENE	ENE	ENE	E	E	ENE
NUB med Octavos	7.5	7.4	7.8	7.9	7.8	7.6	7.1	7.5	7.2	7.2	6.6	6.1	7.3
Dias c\nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c\nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5
c\nub 5-7/8	5	7	0	0	3	5	14	9	10	15	16	21	105
c\nub > 7/8	26	22	31	30	28	25	17	22	20	16	12	7	256
INSOL med Horas	9.5	9.4	8.1	9.0	6.8	5.8	7.1	7.5	6.6	7.0	9.2	8.9	7.9
max absol	10.9	11.0	11.1	11.0	11.5	11.1	11.4	11.4	11.1	11.1	11.0	10.9	11.5
min absol	4.9	0.6	0.1	2.4	0.0	0.0	0.4	1.4	0.0	0.0	2.0	3.8	0.0
RAD med MJm ⁻²											18.70	18.49	
max absol											21.43	21.06	
min absol											10.85	15.01	
PRECIP Total mm.	1	0	30	0	162	279	220	238	288	116	23	1	1358
max dia mm.	1	0	29	0	47	56	38	46	51	57	9	1	57
max 10 min mm.	0.0	0.0	2.1	0.0	19.9	13.2	16.9	14.7	17.1	15.2	8.4	0.0	19.9
EVAP Total mm.	102	135	188	195		82	52	57	72				
max dia	6.6	8.2	9.3	8.4		4.4	3.8	4.5	5.5				

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Anexo "I"

Variables Climatologicas

Estacion Puerto Ayacucho

Resumen Climatológico Año 1992
Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	27.0	28.8	29.5	27.3	25.0	25.7	24.5	24.4	25.5	25.6	25.8	27.8	26.4
max media	33.3	35.3	34.8	33.3	30.2	31.1	29.1	29.7	31.4	32.4	32.0	33.6	32.2
min media	22.1	24.1	24.1	23.2	22.0	22.9	22.0	22.1	22.3	22.2	22.6	22.6	22.7
max absol	36.0	37.7	38.1	37.3	33.7	34.9	32.9	32.8	33.9	34.8	34.0	36.0	38.1
min absol	19.4	20.9	20.9	20.3	20.3	21.0	20.9	20.8	20.6	20.8	21.5	21.3	19.4
HUMED media %	49	46	59	65	75	76	76	72	67	61	66	56	64
max media	76	69	90	92	99	99	98	96	95	82	93	85	90
min media	24	23	29	33	53	38	40	35	30	25	30	23	32
max absol	97	97	100	100	100	100	100	99	100	100	100	94	100
min absol	19	13	16	15	25	25	26	22	17	15	22	16	13
PRES media hPa *	9.3	9.2	7.9	8.2	10.1	12.0	13.8	13.5	10.2	10.6	8.9	8.8	10.2
max media *	12.4	12.2	11.2	11.2	12.6	14.0	15.7	15.7	12.7	13.3	11.5	11.4	12.8
min media *	7.1	6.6	4.7	5.3	7.8	9.3	11.5	11.0	7.6	8.1	6.0	6.3	7.6
max absol *	14.3	14.5	14.4	16.7	14.9	15.7	18.8	18.4	16.2	16.0	13.2	12.7	18.8
min absol *	5.3	4.4	2.4	1.9	4.1	5.3	8.0	8.7	4.9	5.4	3.8	4.3	1.9
VIEN vel med Km/h				7.3	6.1	6.0	5.8	5.6	6.1	5.5	6.3	6.9	
dir preval				SE	SE	N	S	ESE	ESE	SSE	ESE		
vel max				32.4	36.0	39.6	27.0	41.8	39.2	38.9			
dir vel max				SSE	ENE	ESE	SW	S	SE	ESE			
NUB med Octavos	7.5	7.9	8.0	7.9	8.0	7.4	7.6	7.9	7.8	7.9	7.9	8.0	7.8
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INSOL med Horas	8.9	9.0	6.9	5.9	5.4	4.6	3.7	4.0	5.7	6.5	6.1	8.5	6.3
max absol	10.6	10.7	10.1	11.2	10.7	10.7	8.7	9.4	10.4	10.5	10.4	11.0	11.2
min absol	2.7	4.2	1.3	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.7	0.0	1.1	4.8	0.0
RAD med MJm ²	16.29	16.96	16.54	16.04	14.28	14.74	12.98	14.65	15.41	15.49	14.07	15.53	15.25
max absol	18.38	19.80	20.27	21.19	20.39	19.89	17.75	21.35	21.94	22.69	17.42	18.72	22.69
min absol	10.26	11.10	9.67	3.43	6.74	4.98	5.53	7.96	6.66	7.37	10.38	13.36	3.43
PRECIP Total mm.	1	22	18	251	303	351	307	225	203	121	123	12	1937
max dia mm.	1	22	5	118	62	81	32	39	20	30	30	4	118
max 10 min mm.	0.0	6.5	2.9	13.8			19.0	18.7	18.0	11.7	11.9	3.5	19.0
EVAP Total mm.	128	144	130	86	51	37	34	33	48	48	56	80	875
max dia	5.8	6.4	7.1	5.4	4.0	2.3	2.4	2.0	3.0	2.9	2.8	3.6	7.1

Fuente: Servicio de Metereologia Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1993 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.6	27.9	27.2	25.8	24.8	23.8	23.9	25.8	26.1	26.7	27.0	27.2	26.1
max media	33.5	35.0	33.5	31.8	29.9	28.8	29.3	31.3	31.9	33.4	33.4	34.5	32.2
min media	22.2	22.7	22.4	22.7	22.1	21.2	21.3	23.0	22.4	23.4	23.3	22.6	22.4
max absol	36.0	36.7	36.0	35.5	32.8	32.8	34.5	34.7	36.1	36.8	35.8	36.0	36.8
min absol	20.8	18.6	22.1	21.1	20.9	18.9	18.9	21.6	21.9	22.3	22.0	19.6	18.6
HUMED. media %	52	49	62	70	76	79	70	72	69	67	66	55	66
max media	80	74	91	95	99	100	94	96	96	95	95	88	92
min media	22	21	28	32	37	41	32	34	27	26	26	22	29
max absol	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100
min absol	13	12	13	20	27	23	20	21	15	16	16	15	12
PRES media hPa *	10.5	9.6	10.7	10.3	11.0	13.9	13.6	13.8	11.4	10.8	9.8	9.6	11.3
max media *	13.2	12.7	14.0	13.0	13.3	15.8	15.5	16.0	14.0	13.4	12.2	12.0	13.8
min media *	8.0	6.9	7.7	7.4	8.5	11.3	10.9	10.8	8.4	7.9	6.9	7.0	8.5
max absol *	15.4	15.4	16.2	15.4	16.0	17.4	18.0	19.9	17.0	16.5	16.8	15.7	19.9
min absol *	5.5	5.2	5.0	4.0	5.6	9.6	8.0	7.0	5.1	4.7	3.8	3.7	3.7
VIEN vel med Km/h	7.7	7.3	6.8	6.2	6.0	5.7	5.8	6.5	6.4	6.5	6.5	7.5	6.6
dir preval			SSE		S			S	SE	SE	SE	NNE	
vel max			41.0					40.0	59.8	49.7	59.4	68.4	
dir vel max			NE					SSW	E	ESE	ESE	ESE	
NUB med Octavos	7.8	7.7	7.9	7.9	7.8	7.9	8.0	8.0	7.7	7.6	7.7	6.8	7.7
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
c'nub 5-7/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	13	23
c'nub > 7/8	31	28	31	30	31	30	31	31	30	26	25	15	339
INSOL med Horas	7.7	8.4	6.6	5.4	4.4	3.7	4.8	4.8	5.9	6.1	6.8	8.5	6.1
max absol	10.8	10.9	10.5	11.1	9.9	11.0	9.9	10.0	8.9	10.2	10.9	10.8	11.1
min absol	2.4	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.2	0.0
RAD med MJm ⁻²	15.20	16.79	15.49	14.53	13.36	11.85	13.31	14.70	15.07	15.66	15.49	16.08	14.79
max absol	18.00	18.84	19.72	20.06	19.60	17.67	17.96	19.55	19.43	19.60	18.26	18.76	20.06
min absol	9.63	13.40	5.78	5.53	5.57	4.40	7.87	8.25	6.57	8.96	9.63	10.09	4.40
PRECIP Total mm.	27	6	57	230	338	360	314	281	160	123	105	52	2053
max día mm.	9	4	23	51	57	95	65	65	58	64	16	40	95
max 10 min mm.	7.0	0.8	9.0	14.5	20.0	13.3	11.1	11.5	10.6	11.3	15.7	17.7	20.0
EVAP Total mm.	104	107	113	65	43	36	43	49	59	85	69	119	892
max día	5.4	5.5	5.3	4.2	2.7	2.1	2.6	2.9	2.9	3.3	4.5	6.6	6.6

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1994 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	28.2	28.7	28.5	26.9	25.7	25.2	24.4	24.7	25.1	25.3	25.1	24.7	26.0
max media	35.5	36.6	35.7	33.3	31.2	30.6	29.8	30.1	31.4	32.2	31.9	32.1	32.5
min media	23.0	23.9	24.0	23.5	23.1	22.4	21.6	22.0	22.0	21.8	21.4	20.5	22.4
max absol	37.0	38.1	38.2	36.2	34.7	33.8	33.8	33.6	34.0	34.4	34.1	33.8	38.2
min absol	21.2	20.4	22.0	22.3	21.8	20.4	19.8	20.3	19.6	20.9	19.4	19.5	19.4
HUMED. media %	46	47	56	60	67	76	83	87	85	84	77	81	71
max media	73	71	69	70	74	83	91	93	92	93	98	92	83
min media	21	22	37	43	52	60	67	70	67	65	48	63	51
max absol	100	100	71	71	83	84	100	94	93	94	96	94	100
min absol	14	12	24	32	41	53	55	61	60	60	52	56	12
PRES media hPa *	9.5	9.2	9.9	10.5	12.0	13.5	14.3	14.4	11.9	9.5	9.7	11.3	11.3
max media *	12.2	11.9	12.9	12.9	13.8	15.4	16.4	16.5	14.3	12.3	12.4	14.1	13.8
min media *	6.7	6.0	6.8	7.7	9.2	10.9	11.7	11.7	9.1	6.3	6.6	8.8	8.5
max absol *	14.0	14.1	15.2	15.8	15.9	17.3	21.2	19.2	17.2	14.5	15.1	17.7	21.2
min absol *	4.9	2.3	4.9	3.9	6.9	8.6	8.2	8.0	6.0	3.9	4.1	3.9	2.3
VIEN vel med Km/h	9.4	8.0	7.1	7.1	6.0	6.4	6.0	6.1	5.9	6.1	6.1	6.6	6.7
dir preval	NNE	NNE	WNW	SE	ES	SSE	SE	SE	ESE	SE	SSE	NNE	SE
vel max	43.6	70.9	43.2	50.8	55.8	51.8	54.4	45.7	55.8	61.2	41.0	45.4	70.9
dir vel max	ENE	SW	NNE	E	ESE	SSE	E	SW	SE	SSW	SE	S	SW
NUB med Octavos	6.9	6.4	7.0	7.6	7.8	7.9	7.9	7.8	7.8	7.5	6.4	6.6	7.3
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
c'nub 5-7/8	19	16	10	4	1	0	1	2	1	6	5	17	82
c'nub > 7/8	12	9	19	26	30	30	30	29	29	25	25	11	275
INSOL med Horas	9.0	8.4	6.4	4.8	3.8	4.5	4.0	4.3	5.1	6.3	7.4	8.3	6.0
max absol	10.9	10.8	10.5	10.6	8.9	9.4	10.3	10.6	10.8	10.4	10.2	10.8	10.9
min absol	3.4	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.9	0.5	2.2	0.0
RAD med MJm ⁻²	16.08	17.46	15.12	14.74	12.77	13.61	13.48	13.98	15.03	15.24	14.97	14.99	14.79
max absol	22.40	20.01	20.01	19.97	19.13	18.67	19.26	19.43	20.68	19.51	17.67	17.75	22.40
min absol	10.55	11.35	3.89	4.19	4.31	3.56	4.98	5.57	6.99	10.76	8.77	9.25	3.56
PRECIP Total mm.	7	54	87	107	353	314	294	447	789	146	67	34	2699
max día mm.	4	30	68	24	106	78	44	104	106	45	14	17	106
max 10 min mm.	2.4	15.9	26.9	13.0	18.1	14.4	11.1	17.8	15.4	16.4	12.7	4.0	26.9
EVAP Total mm.	174	141	114	73	37	41	38	46	47	59	75	90	935
max día	7.6	7.8	7.4	4.4	2.9	2.3	2.5	2.6	3.0	3.6	4.4	5.4	7.8

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1995
Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.6	28.8	28.8	27.9	26.1	25.3	24.7	25.6	26.3	26.1	26.4	27.2	26.7
max media	34.6	36.7	35.7	34.3	32.2	30.8	30.7	29.9	33.1	33.1	32.9	34.3	33.2
min media	21.0	23.0	24.0	24.2	23.2	22.7	22.0	21.3	22.9	22.9	22.9	23.0	22.8
max absol	36.7	38.6	38.2	39.1	37.9	34.8	34.1	35.1	35.9	35.3	34.7	35.4	39.1
min absol	16.7	21.4	22.4	22.8	21.1	21.4	20.8	20.1	21.8	21.5	21.7	21.4	16.7
HUMED. media %	78	76	73	73	76	77	76	79	87	74	76	69	76
max media	93	92	86	82	83	83	82	89	98	93	95	93	89
min media	59	57	55	58	61	62	61	57	61	36	39	31	53
max absol	95	95	95	85	84	83	83	100	100	100	100	98	100
min absol	54	52	43	48	51	56	52	42	33	22	25	23	22
PRES media hPa *	14.1	11.6	11.0	11.5	13.8	15.1	14.5	13.4	13.6	12.0	11.5	10.7	12.7
max media *	16.9	14.3	13.9	14.0	16.2	17.2	16.7	14.7	15.9	13.8	13.0	11.6	14.9
min media *	11.0	8.6	7.9	8.3	10.8	11.9	11.5	10.9	11.7	10.9	10.7	10.2	10.4
max absol *	19.0	17.7	17.3	16.2	19.3	18.8	19.3	18.7	19.1	16.7	16.0	13.7	19.3
min absol *	7.6	6.0	5.0	4.8	7.4	9.8	8.5	10.2	10.5	10.1	9.4	9.6	4.8
VIEN vel med Km/h	8.4	7.8	7.4	7.1	6.3	5.3	6.1	6.1	6.4	5.7	6.4	6.6	6.6
dir preval	NNE	NNE	SE	SSE	SE	SSE	SE	SE	ESE	SE	NNE	SE	SE
vel max	65.6	38.5	38.5	58.0	52.6	37.4	41.4	54.0	40.7	54.0	46.8	35.6	65.6
dir vel max	SSE	E	E	E	ESE	SE	ESE	SSE	NE	E	E	E	E
NUB med Octavos	5.6	5.8	6.5	7.4	7.5	7.6	7.4	7.2	7.4	6.9	6.7	5.8	6.8
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	8	6	5	0	1	0	0	2	2	0	5	10	39
c'nub 5-7/8	19	14	16	9	4	3	8	9	4	12	5	11	114
c'nub > 7/8	4	8	10	21	26	27	23	20	24	19	20	10	212
INSOL med Horas	9.7	9.3	7.4	5.7	5.4	4.2	5.0	4.6	5.8	6.1	7.0	7.1	6.4
max absol	10.9	10.9	10.8	10.6	11.2	8.8	10.2	8.0	10.4	9.6	10.6	10.9	11.2
min absol	4.3	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
RAD med MJm ⁻²	16.42	12.65	17.07	15.51	13.87	13.11	13.55	13.02	14.86	15.07	15.16	14.36	14.55
max absol	18.18	19.09	23.53	25.69	18.72	17.00	19.64	18.30	20.69	19.68	19.86	17.17	25.69
min absol	10.56	12.56	4.10	5.15	4.56	7.75	8.92	5.35	5.88	7.48	5.48	10.38	4.10
PRECIP Total mm.	90	4	58	107	361	456	368	290	208	82	204	46	2274
max día mm.	48	4	19	30	80	72	45	55	46	18	83	26	83
max 10 min mm.	16.1	2.3	7.3	10.3	19.6	15.9	13.3	16.5	16.6	9.7	20.2	8.0	20.2
EVAP Total mm.	142	166	139	101	66	43	480	61	65	70	73	90	1496
max día	6.5	8.5	7.6	7.5	4.1	2.4	3.0	3.5	3.9	3.4	4.5	5.0	8.5

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1996 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	27.4	27.4	28.7	28.2	26.2	25.2	25.1	25.7	26.0	27.1	27.1	27.1	26.8
max media	34.9	34.8	36.0	34.9	32.0	30.2	29.9	31.7	31.9	34.3	33.3	33.6	33.1
min media	22.6	23.2	23.9	24.2	23.5	22.9	22.4	22.8	22.9	23.7	23.9	23.2	23.3
max absol	36.4	37.0	38.8	37.9	35.4	32.7	34.9	35.3	34.1	35.2	35.8	35.7	38.8
min absol	20.4	21.7	22.4	22.9	22.2	21.2	20.1	20.7	21.3	21.8	22.5	22.3	20.1
HUMED. media %	61	69	66	73	82	83	76	76	76	65	76	70	73
max media	91	95	85	95	99	98	96	97	95	98	98	97	95
min media	26	27	31	38	43	44	39	36	38	51	36	31	37
max absol	97	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100
min absol	18	13	16	22	26	28	23	24	22	20	23	20	13
PRES media hPa *	10.6	10.7	10.3	10.8	11.4	14.3	15.6	14.0	12.7	16.8	9.3	10.3	12.2
max media *	11.2	11.4	11.0	12.1	12.8	16.2	17.8	16.2	14.9	13.0	10.5	11.8	13.2
min media *	10.1	10.1	9.9	10.3	10.4	12.1	13.1	11.7	11.1	9.0	8.5	9.3	10.5
max absol *	14.2	13.2	12.5	13.4	14.1	19.1	20.5	19.0	18.5	17.4	13.0	13.6	20.5
min absol *	14.2	13.2	12.5	13.4	14.1	19.1	20.5	19.0	18.5	17.4	13.0	13.6	20.5
VIEN vel med Km/h	6.8	6.5	6.5	6.5	6.1	6.1	7.2		6.5	5.8	6.1	6.1	
dir preval	NNE	SE	SE	SE	W	SW			SE	SE	SE	SE	
vel max	32.4	68.4	36.0	45.0	43.2	43.2	55.8	57.6	57.6	64.8	46.8	52.2	68.4
dir vel max	NNE	NE	NNE	ESE	NNE	SW	S	N	ESE	NE	SE	SSE	NE
NUB med Octavos	6.2	6.0	6.2	5.6	7.0	7.1	7.0	6.9	6.4	7.2	6.9	5.7	6.5
Dias c'nub < 1/8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
c'nub 1-4/8	6	5	5	11	3	0	1	2	4	2	1	7	47
c'nub 5-7/8	15	9	14	10	9	13	13	15	12	16	15	15	156
c'nub > 7/8	10	14	12	8	19	17	17	14	14	13	14	9	161
INSOL med Horas	8.5	7.1	8.0	6.9	5.0	4.0	4.2	5.6	5.1	5.0	6.7	8.8	6.2
max absol	10.6	10.9	10.9	10.6	9.7	9.0	9.6	10.2	10.3	10.6	10.7	11.2	11.2
min absol	2.8	1.8	1.8	0.8	0.0	0.0	0.3	1.0	0.0	0.4	0.0	2.5	0.0
RAD med MJm ⁻²	15.78	16.07	17.25	15.91	14.06	13.56	13.81	15.53	15.82	16.62	15.45	15.65	15.46
max absol	18.00	20.22	21.35	20.43	19.88	18.84	18.59	19.84	20.89	20.89	19.63	18.17	21.35
min absol	10.25	11.13	11.80	7.03	8.67	7.33	8.71	10.13	9.46	9.46	8.46	11.17	7.03
PRECIP Total mm.	11	67	122	113	335	538	463	354	273	210	258	81	2825
max día mm.	8	27	96	64	56	104	51	109	39	57	56	31	109
max 10 min mm.	3.5	12.3	20.5	11.6	20.4	17.9	17.0	10.3	7.8	18.0	0.0	16.1	20.5
EVAP Total mm.	127	106	143	102	54	50	51	46	44	62	60	82	927
max día	6.7	7.3	8.3	7.1	2.9	3.0	3.1	2.5	2.4	2.9	4.6	5.8	8.3

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1997 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	28.1	27.6	29.5	28.2	26.2	26.3	25.3	25.9	25.8	27.2	26.4	26.1	26.9
max media	34.7	33.8	36.1	34.3	31.3	32.0	30.6	31.7	32.4	34.1	33.1	33.0	33.1
min media	23.7	24.2	24.5	24.2	23.4	23.2	22.4	22.7	22.7	23.5	22.5	21.3	23.2
max absol	35.5	35.0	37.5	38.6	34.9	34.2	33.6	34.3	34.6	36.0	36.0	34.0	38.6
min absol	21.7	22.8	21.3	21.9	21.8	21.9	21.2	21.3	21.5	22.5	20.0	19.8	19.8
HUMED. media %	60	67	51	65	78	76	78	75	76	68	74	59	69
max media	92	93	79	89	96	96	97	95	97	96	99	94	94
min media	27	32	25	34	44	38	40	36	34	32	31	23	33
max absol	100	100	100	97	100	100	100	99	100	100	100	100	100
min absol	19	23	8	14	24	28	26	23	19	15	19	16	8
PRES media hPa *	10.7	10.8	10.5	10.9	12.0	11.5	13.1	12.4	11.2	10.3	10.5	10.5	11.2
max media	12.1	12.7	12.4	13.0	14.0	13.2	15.2	14.5	12.7	11.5	11.8	11.6	12.9
min media	9.7	9.7	9.6	9.9	10.5	10.1	10.8	10.7	10.3	9.7	9.6	9.9	10.0
max absol	13.6	14.1	13.3	14.5	16.3	15.6	16.7	18.7	15.6	14.6	15.1	13.1	18.7
min absol	9.2	7.0	9.0	9.0	9.0	9.4	9.4	9.4	9.5	8.7	8.7	8.6	7.0
VIEN vel med Km/h	8.7	8.3	9.2	7.1	6.0	6.0	5.2	6.1	5.8	6.3	6.0	6.3	6.8
dir preval	NNE	NNE	NNE	SE	SE	SE	NNE	SE	SE	SE	SE	NNE	SE
vel max	48.2	46.8	50.4	54.0	41.4	58.3	61.6	54.0	68.4	46.8	50.8	42.5	68.4
dir vel max	ESE	NNE	ESE	E	E	NE	ESE	S	ESE	SSE	ENE	ENE	ESE
NUB med Octavos	5.4	6.4	5.0	6.1	7.0	7.2	7.3	7.1	6.1	6.0	5.8	4.5	6.2
Días c'nub < 1/8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
c'nub 1-4/8	8	2	15	10	2	1	0	2	5	8	7	18	78
c'nub 5-7/8	13	18	11	8	12	13	9	12	18	14	17	12	157
c'nub > 7/8	8	8	5	12	17	16	22	17	7	9	6	1	128
INSOL med Horas	8.8	6.6	8.4	6.0	4.0	5.4	4.3	5.6	6.0	7.2	7.6	9.3	6.6
max absol	11.3	10.7	10.9	11.5	10.1	10.3	9.2	11.3	10.2	10.6	10.7	11.1	11.5
min absol	0.1	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	4.0	2.8	5.2	0.0
RAD med MJm ⁻²	16.40	15.70	18.30	15.70	14.40	16.50	16.50	15.70	15.10	15.80	15.20	15.70	15.92
max absol	19.70	20.60	21.90	21.00	22.10	21.70	21.40	19.40	20.40	18.20	18.50	17.60	22.10
min absol	7.90	10.70	9.70	7.20	5.20	5.00	11.30	7.10	7.70	10.00	11.20	11.30	5.00
PRECIP Total mm.	23	49	7	197	438	195	640	260	60	70	215	19	2173
max día mm.	10	13	4	77	86	35	75	73	13	55	43	19	86
max 10 min mm.	6.2	7.0	2.6	11.8	18.5	18.8	21.7	15.3	8.0	10.3	18.3	9.9	21.7
EVAP Total mm.	150	100	199	86	40	53	46	264	61	83	73	114	1269
max día	8.0	7.4	11.0	9.0	3.3	3.7	2.8	4.1	3.0	4.8	5.3	5.9	11.0

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1998 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	26.8	26.2	24.9	23.0	23.4	24.5	26.2	26.0	26.2	26.6	26.6	26.8	25.6
max media	34.1	32.5	31.3	28.4	27.9	29.4	31.7	31.7	32.6	32.9	32.7	33.4	31.6
min media	21.2	21.5	20.8	20.1	20.8	22.0	23.7	23.1	23.1	23.4	23.2	22.9	22.2
max absol	37.2	36.4	33.2	31.2	33.1	34.2	34.7	34.6	35.5	35.0	34.2	36.1	37.2
min absol	18.3	19.4	18.4	18.1	18.2	19.9	21.8	21.2	21.7	21.6	22.6	21.2	18.1
HUMED. media %	51	57	61	77	75	76	79	76	73	71	70	64	69
max media	88	88	90	98	92	94	97	97	98	96	97	93	94
min media	20	24	25	37	37	37	35	32	28	28	28	23	30
max absol	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	9	12	11	20	16	20	18	15	17	18	22	13	9
PRES media hPa *	10.0	10.4	9.8	10.4	12.1	13.4	13.2	12.1	11.5	10.8	9.9	10.2	11.2
max media	10.9	11.7	11.1	11.6	13.9	15.3	15.1	14.0	13.4	12.4	11.1	11.7	12.7
min media	9.4	9.6	9.4	9.6	10.7	11.3	11.2	10.7	10.1	9.7	8.8	9.4	10.0
max absol	13.0	14.8	12.8	13.5	17.6	17.9	17.8	18.1	16.4	14.4	14.6	14.3	18.1
min absol	8.8	9.0	8.8	9.1	9.8	10.4	10.0	9.9	9.4	8.7	8.5	8.5	8.5
VIEN vel med Km/h	6.5	6.5	7.2	6.5	6.5	6.1	5.8	6.1	6.5	6.1	6.1	6.8	6.4
dir preval	NNE	SE	SSE	SE	SE	ESE	ESE	SE	SSE	SE	SE	NNE	SE
vel max	39.6	38.9	54.7	55.4	47.9	38.9	54.4	61.9	57.6	55.8	64.8	42.5	64.8
dir vel max	WSW	NNE	SSE	E	E	S	SE	NNE	ESE	NE	E	SE	E
NUB med Octavos	3.5	5.3	6.1	7.1	7.3	7.4	7.1	6.4	6.3	6.1	6.3	5.2	6.2
Dias c'nub < 1/8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
c'nub 1-4/8	22	12	4	0	0	0	1	5	2	8	6	14	74
INSOL med Horas	9.3	7.9	6.9	4.8	3.8	4.4	4.8	5.4	6.3	6.4	6.9	7.8	6.2
max absol	10.8	10.6	10.1	10.5	10.4	10.3	11.1	9.4	9.9	9.9	11.0	11.1	11.1
min absol	5.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.7	0.3	0.0	1.2	0.9	0.4	4.0	0.0
RAD med MJm ⁻²	16.39	16.47	16.05	14.59	13.88	14.35	14.59	15.44	16.42	16.47	16.25	15.51	15.53
max absol	18.30	20.85	20.22	20.94	20.81	19.93	19.98	21.06	20.27	21.99	19.76	18.62	21.99
min absol	13.82	7.62	10.00	6.45	6.74	8.33	9.11	6.04	9.01	9.99	9.22	11.48	6.04
PRECIP Total mm.	4	50	93	249	449	554	450	122	186	93	143	44	2437
max dia mm.	3	37	29	55	147	97	67	48	38	38	34	13	147
max 10 min mm.	1.8	9.6	5.8	15.8	15.6	19.2	15.4	20.0	17.3	16.8	12.4	7.0	20.0
EVAP Total mm.	134	103	114	64	53	41	40	52	66	83	75	94	919
max dia	8.6	6.2	10.2	3.8	3.0	2.5	2.8	3.4	4.0	7.6	4.9	6.4	10.2

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 1999 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	27.7	27.9	28.4	26.3	27.0	26.2	25.6	24.9					
max media	34.0	34.2	35.1	32.3	32.7	32.0	31.0	30.5					
min media	24.1	24.3	24.1	24.1	24.0	23.5	32.8	23.1					
max absol	35.4	36.4	36.9	36.4	35.7	34.6	33.6	34.6					
min absol	22.3	23.5	21.9	22.4	22.6	22.4	21.7	22.1					
HUMED. media %	55	54	59	72	72	75	71	70	74	73	67	60	67
max media	80	78	90	95	98	97	95	93	96	98	97	92	92
min media	19	20	20	32	30	32	31	31	30	27	26	24	27
max absol	90	87	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
min absol	11	12	9	14	17	18	18	13	20	14	13	14	9
PRES media hPa *	10.2	10.4	9.8	10.6	11.4	11.5	13.3	12.7	11.3	11.6	10.4	10.5	11.1
max media	11.8	12.4	10.7	12.9	13.4	13.2	15.2	14.8	12.9	13.6	11.3	11.4	12.8
min media	9.5	9.7	8.7	9.9	10.0	10.0	10.9	8.4	10.1	10.4	9.6	9.6	9.7
max absol	13.5	14.0	12.9	14.1	15.6	15.3	17.6	17.9	16.7	16.3	13.2	13.2	17.9
min absol	9.0	9.1	8.3	9.0	9.4	9.2	9.7	9.6	8.8	9.6	8.7	9.2	8.3
VIEN vel med Km/h	7.6	7.3	6.8	6.5	6.9	6.2	6.5	6.7	6.2	6.9	6.9	8.4	6.9
dir preval	NNE	NNE	NNE	SE	SE	NNE	ESE	SSE	SE	NNE	NNE	NNE	NNE
vel max	58.7	63.0	48.6	58.6	37.8	64.8	48.6	55.8	48.6	66.6	64.1	50.4	66.6
dir vel max	NE	E	E	ESE	SSE	ESE	SSE	S	ESE	ENE	E	E	ENE
NUB med Octavos	5.6	5.7	5.2	6.7	6.5	6.3	6.9	6.7	6.8	6.8	6.0	5.7	6.2
Dias c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	8	4	12	2	3	3	2	1	3	1	6	8	53
c'nub 5-7/8	20	22	16	18	15	18	16	18	12	19	18	21	213
INSOL med Horas	6.9	6.9	7.6	5.0	5.9	4.6	4.4	3.6	5.3	6.2	7.4	7.9	6.0
max absol	10.7	10.6	11.0	10.3	10.9	10.0	10.3	9.3	9.3	10.2	10.6	10.6	11.0
min absol	1.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.7	0.4	1.2	2.6	0.0
RAD med MJm ⁻²	15.98	16.85	17.22	14.78	14.69	13.92	14.17	13.22	14.69	15.36	15.37	15.03	15.11
max absol	18.98	20.49	21.22	20.39	19.46	19.39	20.88	18.34	18.65	19.17	18.76	17.94	21.22
min absol	11.11	11.18	9.50	7.83	6.70	8.42	5.02	7.29	7.29	9.47	10.17	9.17	5.02
PRECIP Total mm.	131	100	64	269	136	292	435	257	253	187	41	22	2187
max día mm.	65	37	12	140	32	72	90	75	61	70	14	10	140
max 10 min mm.	14.9	13.8	7.3	19.5	7.9	10.0	17.5	8.9	13.0	28.5	7.9	9.8	28.5
EVAP Total mm.	111	88	122	63	65	54	46	55	47	62	83	135	931
max día	6.5	6.2	8.7	5.2	3.8	3.7	3.2	3.2	2.6	3.4	5.4	7.6	8.7

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación Militar Venezolana

Resumen Climatológico Año 2000 Estación Puerto Ayacucho

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMP media °C	27.4	28.1	28.4	27.5	26.4	26.1	25.9	26.0	26.1	26.6	27.5	27.4	27.0
max media	34.2	34.6	34.7	33.5	32.1	31.3	31.2	31.8	32.1	33.1	34.1	33.6	33.0
min media	24.0	23.6	24.3	23.8	23.4	23.3	23.1	23.0	22.9	23.1	23.7	23.3	23.5
max absol	36.4	36.8	36.6	36.0	35.4	34.0	34.4	34.0	35.3	35.4	35.6	35.4	36.8
min absol	22.8	22.2	22.0	24.0	22.4	21.8	21.2	21.8	21.7	22.0	22.6	21.0	21.0
HUMED. media %	62	68	63	72	79	79	72	73					
max media	85	92	87	96	98	98	93	94					
min media	37	41	32	34	36	36	38	33					
max absol	100	100	100	100	100	100	100	98					
min absol	20	30	21	18	18	19	21	22					
PRES media hPa *	11.1	11.7	11.0	11.7	12.1	12.5	12.7	13.1					
max media	12.1	14.0	12.7	13.7	14.1	14.7	14.7	15.4					
min media	9.6	10.5	10.0	10.4	10.4	10.5	10.9	10.8					
max absol	16.0	17.0	14.5	15.1	17.0	16.9	18.0	17.9					
min absol	8.7	8.8	8.1	8.4	9.5	8.7	9.8	9.5					
VIEN vel med Km/h	9.9	8.7	7.6	6.7	5.9	5.8	5.9	5.7	5.9	5.8	6.6	6.3	6.7
dir preval	NNE	NNE	NNE	SE	SE	NNE	S	SE	SE	SE	NNE	NNE	NNE
vel max	49.7	61.2	53.3	47.2	73.1	39.6	60.1	51.5	61.2	46.8	65.9	50.0	73.1
dir vel max	NNE	ENE	NE	NE	E	NNE	SE	SE	SE	ESE	NNE	ENE	E
NUB med Octavos	5.4	5.6	6.1	6.5	7.2	7.2	6.6	6.9	6.5	6.5	5.6	5.1	6.3
Días c'nub < 1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c'nub 1-4/8	9	7	4	3	0	0	3	1	1	1	8	12	49
c'nub 5-7/8	17	14	17	14	11	13	15	14	18	21	15	15	184
INSOL med Horas	8.4	7.8	7.0	5.9	4.6	4.5	5.6	4.8	5.1	6.0	7.8	7.3	6.2
max absol	10.7	10.4	10.6	10.8	9.1	7.7	11.1	10.7	8.8	9.0	10.7	10.7	11.1
min absol	1.5	0.9	0.7	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0
RAD med MJm ⁻²	15.50	16.50	16.36	16.09	14.21	14.67	15.03	14.85	15.18	15.83	17.05	15.22	15.54
max absol	17.42	20.34	19.72	21.29	20.27	18.68	19.87	19.36	21.06	20.96	19.99	19.04	21.29
min absol	10.53	8.92	10.63	6.24	9.55	7.71	5.25	8.20	9.22	7.40	9.10	10.50	5.25
PRECIP Total mm.	4	91	107	63	437	346	317	360	140	107	128	71	2171
max día mm.	1	18	46	10	65	91	89	77	24	35	42	32	91
max 10 min mm.	0.0	10.0	9.8	8.0	13.3	20.3	9.9	18.4	13.3	0.0	12.2	7.1	20.3
EVAP Total mm.	184	150	138	81	49	39	52	42	49	63	86	97	1030
max día	8.8	9.7	8.3	5.8	2.7	2.6	4.4	2.4	3.8	3.1	6.0	6.8	9.7

Fuente: Servicio de Meteorología Aviación

