PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la ilustre UNIVERSIDAD DE LOS ANDES como requisito final para obtener el Título de Magíster en Modelado y Simulación de Sistemas

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA ENTIDADES FIJAS, AISLADAS Y DE USO RESIDENCIAL

Por

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Ing. Marvven Nasre Nasser
Tutor: Prof. Herbert Hoeger
Co-Tutor: Domingo Hernández

DONACIÓN

Julio 2007

SERBIULA
Tulio Febres Cordero

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA

©2007 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA ENTIDADES FIJAS, AISLADAS Y DE USO RESIDENCIAL

Ing. Marvven Nasre Nasser

Proyecto de Grado — Magíster en Modelado y Simulación de Sistemas

Resumen: *En este proyecto se muestra un modelo que simula un sistema fotovoltaico el cual se implementó a través de los software: GLIDER y PHP. Su objetivo es estudiar la generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos así como los niveles de carga de la(s) batería(s), permitiendo evaluar el comportamiento de componentes del sistema, con miras a satisfacer de manera adecuada los requisitos solicitados por el usuario para una vivienda rural y así obtener una configuración apropiada del sistema que se debe instalar. El sistema configurador/simulador permitirá estimar el funcionamiento de una plataforma fotovoltaica en diversas condiciones. Además de esto, es posible variar los parámetros del sistema y observar los efectos de esta variación, que en tiempo real podría corresponder al comportamiento de años. De esta forma sería posible proyectar sistemas lo más próximo a la realidad, evitando el sobre-dimensionamiento (para disminuir costos) o el sub-dimensionamiento (para evitar fallas de energía).*

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Palabras Clave: simulación, sistemas fotovoltaicos, consumo eléctrico, configuración adecuada, potencia de trabajo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Dedicatoria

Ofrezco este y todos nuestros trabajos a la gloria del Gran Arquitecto Del Universo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

A mi esposa, a mis hijos y a mi familia por su apoyo y comprensión.

Es increíble que la naturaleza
pida a gritos ayuda, pero más
increíble es que nadie la escuche.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Índice

Dedicatoria iii

Índice iv

Agradecimientos xi

Capítulo 1 12

Introducción 12

1.1. Antecedentes 12

1.2. Evolución histórica 14

1.3. Delimitación del problema 16

1.4. Planteamiento del problema 16

1.5. Objetivos 17

1.5.1 Objetivos generales 17

1.5.2 Objetivos específicos 18

1.6. Metodología empleada 18

1.6.1. Análisis documental 18

1.6.2. Desarrollo del simulador 19

1.7. Alcance del proyecto 19

1.8. Distribución de los capítulos 20

Capítulo 2 22

Marco teórico 22

2.1 Definiciones 22

2.2 Tipos de instalaciones 22

2.3 Componentes de un sistema fotovoltaico 23

2.4 Principales ventajas de la energía fotovoltaica 24

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2.5 Aparatos de medición 24

2.6 Razones para usar simulación 25

2.7 Investigaciones previas 25

2.8 Marco legal 26

2.9 Modelos teóricos y desarrollo de ecuaciones 26

2.9.1 Componentes de la radiación global (G) 27

2.9.2 Influencia de la irradiación solar sobre los paneles fotovoltaicos 27

2.9.3 Influencia de la temperatura sobre los paneles fotovoltaicos 28

2.9.4 Factor de degradación (delta) 28

2.9.5 Cálculo aproximado de la potencia de trabajo 29

2.9.6 Dimensionado de una instalación fotovoltaica 30

2.9.7 Cálculo de la óptima inclinación de los paneles 33

2.9.8 Cálculo de la radiación solar sobre superficies inclinadas 33

2.10 Metodologías usadas 34

2.10.1 Pasos para un estudio de simulación 34

2.10.2 El método Watch 35

2.11 Herramientas de programación requeridas para el desarrollo del proyecto 35

2.11.1 HTML 35

2.11.2 PHP 36

2.11.3 GLIDER 37

2.12 Lenguaje de modelado UML 37

Capítulo 3 39

Modelado y análisis de requerimientos 39

3.1 Primera Iteración 39

3.1.1. Descripción del sistema 39

3.1.2 Visión del sistema configurador/ simulador 40

3.1.3 Misión del sistema configurador/ simulador 40

3.1.4 Modelos utilizados 40

3.1.5 Reglas y restricciones 42

3.1.6 Actores 43

3.1.7 Requerimientos previos a la ejecución del modelo 43

3.1.8 Requerimientos funcionales 44

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

3.1.9 Requerimientos no funcionales 45
3.1.10 Definición de los casos de uso 46

3.2 Segunda Iteración 46
3.2.1 Modelos utilizados 46
3.2.2 Requerimientos previos a la ejecución del modelo 47

3.3 Tercera Iteración 48
3.3.1 Modelos utilizados 48

3.4 Cuarta Iteración 48
3.4.1 Modelos utilizados 48
3.4.2 Requerimientos funcionales 48
3.4.3 Definición de casos de uso 49
3.4.4 Descripción de los casos de uso 50
3.4.5 Diagrama de casos de uso para el sistema configurador/simulador 56

Capítulo 4 58

Diseño del sistema 58

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

4.1 Primera iteración 58
4.1.1 Definición de las metas de diseño 58
4.1.2 Identificación de los subsistemas 62
4.1.3 Diagrama de despliegue 63
4.1.4 Ubicación del software en la máquina 64
4.1.5 Diseño de la interfaz Web del sistema 64
4.1.6 Visión del sistema configurador/simulador 65

4.2 Segunda iteración 66
4.2.1 Identificación de los subsistemas 66
4.2.2 Diagrama de despliegue 67
4.2.3 Diseño de la interfaz Web del sistema 68
4.2.4 Visión del sistema configurador/simulador 69

4.3 Tercera iteración 69
4.3.1 Identificación de los subsistemas 69
4.3.2 Diagrama de despliegue 70
4.3.3 Diseño de la interfaz Web del sistema 71
4.3.4 Diseño de la interfaz Web del sistema (alterna) 72
4.3.5 Visión del sistema configurador/simulador 73

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.4 Cuarta iteración 74
4.4.1 Definición de las metas de diseño 74
4.4.2 Identificación de los subsistemas 74
4.4.3 Diagrama de despliegue 75
4.4.4 Diseño de la interfaz Web del sistema 76
4.4.5 Diseño de la interfaz Web del sistema (alterna) 77
4.4.6 Visión del sistema configurador/simulador 79

Capítulo 5 80

Implementación del sistema 80

5.1 Cuarta iteración 80
5.1.1 Diagrama de componentes del software 80
5.1.2 Estructura del programa 82
5.1.3 Explicación de los programas 83
5.1.4 Explicación de tablas 92
5.1.5 Vista de la página Web implementada 96
5.1.6 Vista de la página Web (alterna) implementada 98

Capítulo 6 99

Pruebas del sistema configurador/simulador 99

6.1 Pruebas de caja blanca en corridas piloto 99
6.2 Pruebas de caja negra en corridas piloto 100
6.3 Evaluación de los simuladores en valores extremos 102
6.4 Replicaciones 103
6.5 Pruebas de integración 103
6.6 Comparación con otros programas 104
6.7 Corrida producción 109

Capítulo 7 113

Conclusiones y recomendaciones 113

7.1 Conclusiones 113
7.2 Recomendaciones 115

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Bibliografía 117

Anexos 120

Anexo A 120

Fotografías 120

A-1: Sistema fotovoltaico para una vivienda 120

A-2: Gerarquización de las energías provenientes del sol 121

A-3: Catálogo de los módulos fotovoltaicos modelo TE 500 122

A-4: Esquema de radiación solar 123

A-5: Mapa mundial representativo de la radiación total 124

A-6: Piranómetro 125

A-7: Movimiento aparente del sol en un punto fijo en la superficie terrestre 126

A-8: Posición del sol en función de las estaciones 127

A-9: Planta fotovoltaica 128

Anexo B 129

Programas 129

B-1 Página principal 129

B-2 Encabezado de la página 130

B-3 Índice de página web 130

B-4 Hoja de trabajo de la página web 132

B-5 Página web alterna 133

B-6 Anclaje a configuración adecuada 135

B-7 Anclaje a potencia de trabajo 136

B-8 Anclaje a simulador uniforme 136

B-9 Anclaje a simulador uniforme escalón 136

B-10 Anclaje a simulador binomial 137

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

B-11 Anclaje a simulador normal 137
B-12 Anclaje a simulador normal regulado 137
B-13 Anclaje a simulador normal, regulado y de períodos largos 138
B-14 Tabla tipos de baterías 138
B-15 Tabla tipos de módulos 139
B-16 Estadísticas obtenidas 139
B-17 Configuración adecuada 140
B-18 Potencia de trabajo 143
B-19 Simulador con distribución uniforme 145
B-20 Simulador con distribución uniforme escalón 148
B-21 Simulador con distribución binomial 152
B-22 Simulador con distribución normal 156
B-23 Simulador con distribución normal y consumo regulado 160
B-24 Simulador con distribución normal, regulado y periodos largos 165
Anexo C 174
El método WATCH 174
C-1 Modelo del producto 175
C-2 Modelo de procesos watch 177
C-2.1 Fase 1: Modelado del negocio 178
C-2.2 Fase 2: Ingeniería de requisitos 179
C-2.3 Fase 3: Diseño arquitectónico 180
C-2.4 Fase 4: Diseño de componentes 180
C-2.5 Fase 5: Aprovisionamiento de componentes 181
C-2.6 Fase 6: Ensamblaje de componentes 182
C-2.7 Fase 7: Pruebas de la aplicación 182
C-2.8 Fase 8: Entrega de la aplicación empresarial 182
C-3 Modelo del grupo de desarrollo 183
Anexo D 184

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Casos de prueba 184

D-1 Tabla Simulador con distribución uniforme 184

D-2 Tabla Simulador con distribución uniforme escalón 185

D-3 Tabla Simulador con distribución Binomial 186

D-4 Tabla Simulador con distribución Normal 187

D-5 Tabla Simulador con distribución Normal y consumo regulado 188

D-6 Tabla de replicaciones: simulador con distribución Normal y consumo regulado y períodos largos 189

Anexo E 190

Algunas gráficas de las pruebas realizadas 190

Anexo F 197

Lista de eventos futuros para un caso particular 197

Anexo G 198

Valores y gráfica de irradiación 198

G-1 Valores de irradiación 198

G-2 Gráfica de irradiación 199

Anexo H 200

Esquema de conceptos de electricidad 200

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Agradecimientos

A los miembros del post grado de Modelado y Simulación de Sistemas, perteneciente de la escuela de Ingeniería de Sistemas.

A los profesores Domingo Hernández y Herbert Hoeger por su ayuda y colaboración.

A todos aquellos amigos, que de alguna forma intervinieron en la realización de este trabajo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se presenta una descripción de los sistemas fotovoltaicos los cuales son los fundamentos de este proyecto. Se definirán los antecedentes como la base para conocer los sistemas fotovoltaicos y enfocar el planteamiento del problema que consecuentemente nos dirigirá a la definición de los objetivos que encaminarán el desarrollo del proyecto; posteriormente se definirá el alcance del proyecto, la metodología para su desarrollo y finalmente se dará una descripción de la estructura del presente documento.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

1.1. Antecedentes

La energia fotovoltaica radica en el uso de la radiación electromagnética que emana del Sol e incide sobre una célula fotovoltaica generando energía eléctrica. La célula fotovoltica está conformada de un material semiconductor (generalmente silicio) cuyas dimensiomes pueden variar, pero normalmente se fabrican de una medida estandar de 100x100mm para producir un flujo de carga de 3 amperios y una diferencia de potencial de 0,5 voltios. En los laboratorios de experimentación en celdas fotovoltaicas se a obtenido un rendimiento máximo del 22% equivalente a un rendimiento real de 13%.

La fabricación de las células es sumamente onerosa tanto desde la perspectiva económica como en la inversion de tiempo. Existe una gran cantidad de materiales que se usan para la producción de las celdas fotovoltaicas pero el más utilizado es el silicio el cual es muy abundante en nuestro planeta; es importante entender que el proceso de manufacturación es complejo y laborioso; en vista de que para esto es requerido un compendio de hornos para elaborar las laminas de silicio; las cuales serán cortadas ulteriormente las obleas.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Las células fotovoltaicas deben tener las mismas características para que halla uniformidad en la carga generada y se iguale el flujo eléctrico en toda la superficie del panel fotovoltaico. Esto incrementa los costos de fabricación debido a que en la última fase hay que seguir un delicado proceso de clasificación y selección.

La colocación de las células fotovoltaicas en serie, aumentan la diferencia de potencial, mientras que, si la colocación es en paralelo se aumenta la corriente sin aumentar la tensión. Los paneles comerciales suelen ser de 12 ó 24 voltios en corriente continua, los cuales a su vez pueden combinarse para conseguir las potencias adecuadas a cada necesidad. Las potencias comerciales van desde los 5Wp hasta 180Wp (la potencia típica está definida por Wp, vatios picos, que es igual a la potencia máxima; por ejemplo, el módulo fotovoltaico TE 500-503A0 fabricado por TOTAL ENERGIE tiene una potencia típica de 60Wp, esto llegaría a prender un bombillo de 60W en las mejores condiciones ambientales y de posicionamiento del panel). La energía eléctrica generada mediante los paneles fotovoltaicos puede ser aprovechada de dos formas: en sistemas conectados a la red eléctrica o en entidades aisladas de la red. Gracias a ello se puede llevar electricidad a una escuela o a un centro de salud situados en un lugar remoto; no se necesita desarrollar una infraestructura para generar energía eléctrica posiblemente contaminante y costosa. Tampoco hará falta construir tendidos eléctricos, pues la energía fotovoltaica aislada de red se produce allá donde hay sol y donde se consume.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Los avances tecnológicos en el ámbito de la fotovoltaica son divesos. Se han desarrollado generadores fotovoltaicas de materiales sólidos, líquidos y se está experimentando con gases. Pero, por lo general los que más se usan son de materia sólida. Actualmente, se encuentran en prueba materiales para aplicar en forma de capa delgada, como el teluro de cadmio (Cd Te) o el di-seleniuro de indio-cobre, conocido por CIS, con eficiencias en torno al 14%.

El 87% de los paneles fotovoltaicos comunmente usados son fabricados de silicio y pueden ser de tecnología monocristalina, policristalina o amorfa. La eficiencia de los paneles varía dependiendo de la tecnología usada para su implementación, los que son fabricados con tecnología monocristalina generalmente son más efecientes y los de silicio amorfo son los menos efecientes.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El silicio usado en la fabricación de paneles fotovoltaicos proviene de lo desechado de la industria electrónica. La fabricación del silicio de grado solar a un precio aceptable es un reto tecnológico de la industria fotovoltaica; la tendencia se orienta hacia la reducción de costos, aumento de la eficiencia de los componentes fotovoltaicos y a la optimización de los procesos de producción.

Es importante destacar que la eficiencia (%) del panel es la razón de la energía generada por el panel entre la energía solar que puede ser aprovechada multiplicada por 100.

Además de la célula de silicio, un panel fotovoltaico está construido por una serie de materiales que le dan el aspecto final que conocemos; estos materiales son el marco, la base, conectores, capas de cubrimiento que a la vez sirven de protección y otros componentes. [7]

1.2. Evolución histórica

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

- En el año 1839, el físico Antoine Becquerel pone de manifiesto el efecto fotovoltaico, el cual consiste en la obtención directa de electricidad a partir de la luz. Para conseguirlo, se requiere un material que absorba la luz del Sol y sea capaz de transformarla en energía eléctrica (ver Anexo A-2).
- En 1870 W. Grylls Adams y R. Evans Day, experimentaron con láminas de selenio, comprobando un flujo de electricidad que denominaron "fotoeléctrica".
- En el año 1885 Charles Fritts construyó el primer módulo fotoeléctrico. Con la construcción de ese módulo, se obtuvo la primera evidencia de la conversión directa de la energía de la luz en energía eléctrica.
- R.S. Olh en el año 1941 explica y diseña la primera célula fotovoltaica de silicio, la cual se empezó a fabricar en los años 50. Esto incentivó a que se abandonara el selenio y se empezara a utilizar el silicio como material básico para la fabricación de dichas células.
- Darryl Chapin, comenzó en febrero de 1953 a investigar como mejorar la calidad de las células fotovoltaicas, con el que logró eficiencias del 2,3%. Los cálculos teóricos de Chapin concluían

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

que las células de silicio podían llegar a tener una eficiencia del 23%, aunque en la práctica Chapin llegó a desarrollar una célula con un 6% de eficiencia.

- El 25 de abril del mismo año, los ejecutivos de Bell presentaron la primera batería solar Bell. Al día siguiente hicieron funcionar un radio transmisor alimentado por energía solar. Para aquel entonces, se observó que la pila solar tenía mayor eficiencia la pila atómica
- Desde ese momento, las células solares fotovoltaicas entraron de lleno en el campo de acción de la industria. Primero fue Western Electric, que las utilizó para alimentar líneas telefónicas en las zonas rurales de Georgia.
- En 1955, Nacional Fabricated Products compró la licencia para la fabricación de células solares a Western Electric para intentar el mejoramiento de su eficiencia.
- En el año 1956, la empresa Hoffman Electronics comienza a realizar los primeros intentos de comercialización de las células fotovoltaicas.
- Las células fotovoltaicas tuvieron su primer gran campo de aplicación en el espacio. Usados en los satélites artificiales lanzados por el gobierno estadounidense.
- En 1973 investigadores de Exxon sorprendieron a todo el mundo al anunciar que su filial Solar Power Corporation comercializaba módulos fotovoltaicos que serían competitivos con otras fuentes de energía en aplicaciones terrestres.
- Solar Power Corporation comenzó a investigar para reducir el coste de fabricación de las células, para ello se reemplazó el uso del silicio cristalino puro, por el silicio que rechazaba la industria electrónica. Logrando así bajar los costos de fabricación.
- Los primeros mercados masivos de células fotovoltaicas se desarrollaron en primer lugar en torno a aplicaciones aisladas de la red eléctrica: señalización marítima mediante boyas luminosas, señalización ferroviaria, antenas de comunicaciones (telegrafía, telefonía, radio, TV, etc.).
- Posteriormente se usaron células fotovoltaicas en plantas de generación fotoeléctrica, usadas para suministrar electricadad a poblados remotos.(Esta sección fue desarrollada en base a la información existente en: GUIÁCTIVA, 2004). [7]

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

1.3. Delimitación del problema

En este proyecto se desarrolló un modelo de simulación, utilizando GLIDER, para estudiar el comportamiento de los paneles fotovoltaicos, las baterías y el consumo de carga en un sistema fotovoltaico. El sistema elaborado fue pensado para ser aplicado en el estado Mérida-Venezuela para el consumo de una vivienda rural aislada de la red eléctrica.

1.4. Planteamiento del problema

La creciente necesidad energética mundial lleva consigo conflictos entre los países del mundo por sus deseos de controlar las fuentes tradicionales de energía (particularmente el petróleo), esto trae como consecuencia la destrucción del medio ambiente. Ya se sienten los síntomas del gran problema al que nos enfrentamos como son las guerras, el calentamiento global, el efecto invernadero, el creciente aumento de los niveles de contaminación del aire, agua y el suelo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Se debe tomar cartas en el asunto, porque de lo contrario, se tendrá muy pronto un planeta inhabitable, el petróleo que es una fuente energética (no renovable) se agotará, la explotación del petróleo acarreará la destrucción de la flora y la fauna que llevaría al hombre a su propia destrucción. Necesitamos evitar este funesto final, debemos tomar conciencia del cuidado que se le debe dar a nuestro planeta, evitar la contaminación, la destrucción de la flora , la fauna y tratar de reemplazar las fuentes energéticas actuales por otras menos dañinas, más confiables y más duraderas.

El crecimiento exponencial de las necesidades energéticas actuales del mundo, nos conduce a la búsqueda de fuentes de energía que sirvan de alternativa al petróleo. Dichas energías tiene que estar al alcance de todas las personas de todos los países del mundo, que sean renovables, cuyos costos de

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

generación sean aceptables, el impacto ambiental para su obtención sea mínimo y se puedan adecuar a las necesidades de cada persona que la requiera.

El Sol es una fuente energética natural de la tierra, idónea para ser utilizada debido a su potencial de energía, que es inagotable, emite a la tierra cuatro mil veces más energía que la necesaria en el planeta y está al alcance de todos.

En el mundo gran parte de la energía que se usa es eléctrica, por lo tanto la búsqueda de nuevas fuentes de energía deben estar dirigidas en este ámbito.

El presente estudio invita a *entender y a verificar* la influencia de distintos factores ambientales en la obtención de la energía solar fotovoltaica; para ello se propone *simular* a través del computador el comportamiento de producción de energía de un panel o varios de células fotovoltaicas para ser usadas en entidades fijas que se encuentren aisladas de la red, orientadas al uso residencial.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivos generales

Diseñar un modelo de un *sistema fotovoltaico*, el cual se pretende implementar a través del software de simulación GLIDER, para estudiar la generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos en los distintos escenarios de la geografía del estado Mérida en el territorio Venezolano, evaluando los niveles de carga de la(s) batería(s), el comportamiento del inversor, el comportamiento del controlador de carga y satisfaciendo de una manera adecuada los requisitos solicitados por un usuario para una vivienda rural, con miras de obtener la mejor configuración del sistema.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar la influencia de distintos factores técnicos, climáticos y geográficos (irradiancia, posición solar, latitud, longitud, altitud, factor de inclinación y la eficiencia del panel) que permitan estimar la generación de la energía eléctrica, de los paneles fotovoltaicos a lo largo del tiempo.
- Evaluar el efecto de la generación de energía eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos y el consumo de energía requerido por el usuario (para una vivienda rural), en el estado de carga de la(s) batería(s) de almacenamiento, con el propósito de evitar fallas en el sistema.
- Estudiar el comportamiento del sistema cuando se producen consumos fuera del rango normal.
- Crear un sistema programado interactivo que permita obtener configuraciones de paneles fotovoltaicos para satisfacer los requerimientos del usuario. Esto servirá de base para obtener una configuración adecuada a las necesidades del interesado.
- Crear un modelo de simulación con el propósito de contribuir con la modeloteca de GLIDER.
- Incentivar al estudio de sistemas de generación eléctrica alternativa, particularmente la energía fotovoltaica. En Venezuela la investigación y desarrollo en el área de energía solar ha sido muy pobre y se espera que el presente proyecto sirva de estímulo para aumentar el interés en la investigación y desarrollo de esta área. (Ver anexo 9).
- Obtener el mayor *entendimiento* posible de los sistemas de generación eléctrica fotovoltaica con miras de su comercialización.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

1.6. Metodología empleada

1.6.1. Análisis documental

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El primer paso para realizar el presente proyecto fue la recolección de información: fundamentos teóricos, aportes científicos, estudios experimentales y desarrollos de proyectos que permitieron el mayor entendimiento del sistema desarrollado.

1.6.2. Desarrollo del simulador

Para el desarrollo del proyecto, aunado al análisis documental, se utilizaron los pasos para un estudio de simulación que se encuentran sugeridos en los apuntes en línea del curso de simulación que dicta el profesor Hoeger, H. [2]

Se desarrolló el modelo, no fundamentado en modelos matemáticos ya existentes, sino en un enfoque más intuitivo y basado en datos geográficos y meteorológicos para distintas zonas de Mérida (datos contenidos en las páginas electrónica http://www.tutiempo.net/clima/Venezuela/VE.html y http://www-imk.fzk.de/asf/mira/Merida/); de esta forma se entende mejor el proceso de generación de energía fotovoltaica.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Se desarrolló el simulador usando un lenguaje de de simulación GLIDER. [1]

1.7. Alcance del proyecto

Diseñar, especificar e implementar un sistema programado para realizar las configuraciones apropiadas de sistemas fotovoltaicos según los requerimientos del usuario. El proyecto se orientó al desarrollo de modelos representativos de sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica, aplicados a entidades fijas y para el consumo de una vivienda rural.

La presente investigación está dirigida al estudio de paneles fotovoltaicos, baterías de carga, inversores y controladores de carga existentes en el mercado.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Se considera que los consumos de energía, por parte del usuario, son solo de 12 o 24 Voltios en corriente continua y 110 Voltios en corriente alterna.

Aunque el sistema desarrollado se puede usar en diferentes localidades, se evaluó, a manera de ejemplo, su funcionamiento solo en el estado Mérida, Venezuela.

1.8. Distribución de los capítulos

El capítulo 1, Introducción. Desarrolla una breve descripción de los puntos que se consideraron en éste proyecto. Se definen los antecedentes que son la base para conocer los sistemas fotovoltaicos y visualizar el problema. Se precisan los objetivos, el alcance y la metodología que enmarcan el proyecto.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Capítulo 2, Marco teórico. Contiene los fundamentos teóricos necesarios para el entendimiento, comprensión y desarrollo del proyecto, entre los cuales, se describe la metodología usada para el desarrollo del modelo y del sistema interactivo programado planteados en el capítulo 1 (nos referiremos al sistema interactivo programado como sistema web). También se tocaron algunos conceptos, definiciones, ecuaciones y otros aspectos que sirven de aval al modelo de simulación que se desarrolló.

El capítulo 3, Análisis de requerimientos. Comprende el desarrollo de las dos primeras fases de la metodología usada, fases que tienen la finalidad de identificar y describir el sistema para el cual se desarrolla el sistema web y determinar las necesidades de información y automatización que tienen los usuarios del sistema web en desarrollo. En este capítulo se define el sistema, los objetivos, procesos, reglas, actores y eventos del sistema, así mismo, se presenta la definición y especificación de los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. Se ha elaborado el sistema utilizado una visión

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

tradicional para desarrollar sistemas de información. Esta metodología es muy apropiada cuando se trata de desarrollo de modelos de simulación y el sistema que se está tratando es un sistema duro.

Capítulo 4, Diseño del sistema. Se presenta el modelo ya implementado explicando de una manera detallada los diferentes módulos y componentes del programa implementado. Por otro lado, se presentan los resultados de algunas corridas los cuales muestran que el programa implementado corresponde al modelo desarrollado. Este capítulo se refiere al desarrollo del diseño arquitectónico del sistema, así como también, del diseño y aprovisionamiento de los componentes, a partir del conjunto de requerimientos funcionales y no funcionales obtenidos en el capítulo anterior. Se describen puntos como las metas del diseño, relación de los requisitos obtenidos en fases anteriores con la arquitectura del sistema, identificación de subsistemas, descripción de las vistas arquitectónicas, diseño de la interfaz de usuario/sistema y la instalación de la plataforma de desarrollo.

Capítulo 5, Implementación del sistema. Comprende la implementación del diseño de las tres capas de la arquitectura de software del sistema Web, elaborado en los capítulos anteriores. El principal producto de este capítulo es la integración de los componentes de la capa de presentación, los componentes de la capa de lógica de negocios y los componentes de la capa de datos. Se ha dedicado al diseño de los experimentos en donde se determinan las réplicas necesarias, los parámetros que se deben utilizar, tiempo de corridas y condiciones iniciales.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Capítulo 6, Pruebas y entrega de la aplicación. Se refiere a la fase de las pruebas de la aplicación que permiten comprobar que el sistema Web cumple con los requisitos funcionales y no funcionales descritos en capítulo 3. Además se describe la fase de entrega, donde se instala la aplicación empresarial en su ambiente de producción, se pone en operación y se entrega a los usuarios.

Producción de datos que nos permitirán determinar el desempeño del sistema desarrollado en diferentes situaciones y posteriormente evaluar dichos datos para observar su desempeño.

Capítulo 7, Conclusiones y recomendaciones. Se dan las conclusiones generales del trabajo realizado y las recomendaciones para trabajos futuros.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 2

Marco teórico

En este capítulo se describen los fundamentos teóricos necesarios para el entendimiento y comprensión del proyecto. Se define detalladamente el proceso de generación de energía eléctrica a través del uso de los paneles fotovoltaicos, así como también, el dimensionado de una instalación fotovoltaica, determinando así, una configuración adecuada. Por otra parte se realiza una descripción de la metodología utilizada en el desarrollo de la simulación y el proceso para el desarrollo del sistema Web planteado en el capítulo anterior, creando una base teórica con la finalidad de permitir al lector tener una idea de la naturaleza del contenido del documento. En el Anexo H se encuentran un esquema de conceptos en el ámbito de electricidad.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

2.1 Definiciones

- *La energía solar fotovoltaica* radica en el aprovechamiento de la luz solar para la producción de energía eléctrica, por intermedio de células fotovoltaicas.
- *Irradicancia:* es la cantidad de energía que incide sobre una determinada superficie.

2.2 Tipos de instalaciones

Una instalación fotovoltaica tiene como objetivo producir electricidad a partir de la energía solar. En el mundo en que vivimos gran parte de los equipos que se usan para mantener y mejorar nuestra calidad de vida, funcionan gracias a la energía eléctrica. Es importante destacar que la red eléctrica no está al alcance de todos y que un equipo eléctrico sin electricidad no tendría sentido.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Para los sitios que se encuentran distanciados de la red eléctrica, se han desarrollado los llamados sistemas fotovoltaicos aislados de la red que sirven para suministrar electricidad a una vivienda retirada, una estación repetidora de telecomunicación, una baliza de señalización en el mar, etc.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, vierten la totalidad de la energía producida a la red de distridución eléctrica. Existen poblados en los cuales la generación de energía fotovoltaica permite el abastecimiento parcial o completo del suministro de energía eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos híbridos o mixtos que son una combinación de los anteriores, suministran la energía necesaria a un conjunto de elementos de consumo y el excedente lo vierten en la red eléctrica.

2.3 Componentes de un sistema fotovoltaico

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Una instalación fotovoltaica está formada por un conjunto de equipos destinados a producir, regular, acumular y transformar la energía eléctrica (ver Anexo A-1). Las partes de un sistema fotovoltaico son las siguientes:

- *Células fotovoltaicas*: Dispositivo usado para convertir la energía solar en energía eléctrica. Está compuesto por un material semiconductor que genera una corriente eléctrica producida por el efecto fotovoltaico.
- *Panel fotovoltaico*: Son un conjunto de células fotovoltaicas conectadas entre sí. La conexión apropiada de las células fotovoltaicas en el panel, aumentan adecuadamente el flujo de corriente y/o la diferencia de potencial.
- *Regulador o controlador de carga*: Tienen la función de regular la carga y descarga de las baterías.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- *Baterías*: Dispositivos que almacenan la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos. Estas baterías tienen la particularidad de aceptar una gran cantidad de recargas y descargas. Estos acumuladores tienen una larga vida útil.
- *Inversor*: Transforma la corriente continua (12, 24 o 48 V) generada por los paneles fotovoltaicos o acumulada en las baterías en corriente alterna (110 V o 220 V).
- *Elementos de consumo de carga*: Son los aparatos eléctricos que utilizan la carga generada por los paneles y almacenada en las baterías.

2.4 Principales ventajas de la energía fotovoltaica

- Evita un costoso mantenimiento de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso.
- Elimina los costos ecológicos y estéticos de la instalación de líneas en esas condiciones.
- Contribuye a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas.
- Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio.
- Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo.
- Tipo de instalación fácilmente modulable, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades.
- No produce contaminación de ningún tipo.
- Se trata de una tecnología en rápido desarrollo que tiende a reducir el costo y aumentar el rendimiento.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

2.5 Aparatos de medición

- *LOS PIRANÓMETROS*: Miden la radiación total recibida (ver Anexo A-6).
- *EL PIRHELIÓMETRO*: Mide la radiación directa.
- *UN PIRANÓMETRO ESPECIAL CON UN SISTEMA DE SOMBRA*: Mide la radiación difusa.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2.6 Razones para usar simulación

Aunque a nivel mundial están instaladas una gran cantidad de plantas fotovoltaicas, en nuestra ciudad de Mérida no existen. Es importante destacar que los costos de adquisición e instalación de los equipos fotovoltaicos son relativamente altos, esto no permite el estudio directo sobre el sistema real. Sin embargo hay numerosos datos e información que pueden servir de soporte a las investigaciones en el ámbito de la simulación.

Por medio de simulación numérica es posible estimar el desempeño del sistema en diversas condiciones de funcionamiento. Además de esto, es posible variar los parámetros del sistema y observar los efectos de esta variación, observación que en tiempo real podría corresponder al comportamiento de años. De esta forma sería posible proyectar sistemas lo más próximo a la realidad, evitando el sobre-dimensionamiento (para disminuir costos) o el sub-dimensionamiento (para evitar fallas de energía).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

2.7 Investigaciones previas

En el Seminario I del postgrado de Modelado y Simulación de Sistemas se desarrolló un modelo organizacional denominado: *Modelado para comercializar células fotovoltaicas aplicado a entidades fijas*. Se intenta seguir en este mismo contexto de investigación, con la intención de obtener mayor información y entendimiento del sistema objeto del presente estudio, para su posterior comercialización en el mercado venezolano. [3]

En el ámbito de sistemas fotovoltaicos, se hallan una gran cantidad de investigaciones y estudios entre los cuales podemos citar los siguientes: "Dimensionado y simulación de sistemas fotovoltaicos autónomos" [19],"Electricidad solar. Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos" [20] y "Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica" [21].

Aunque existen diversas investigaciones realizadas en el ámbito de las células fotovoltaicas que datan del año 1973 y hasta antes, en el contexto de modelado simulación de sistemas hay muy pocos, entre los que se encuentra la investigación "Desempeño en simulación de sistemas fotovoltaicos" [9].

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2.8 Marco legal

- Se dispone del software libre PHP el cual es de gran utilidad, de fácil manejo y se puede aprender rápidamente.
- GLIDER se desarrolló en la ULA y esta basado en Pascal, lo hace más restringido porque no es un software libre.
- En el ámbito de la instalación de sistemas fotovoltaicos, no hay ninguna restricción legal que prohíba el uso de la energía solar. Por otro lado, todos los gobiernos del mundo apoyan la búsqueda e implementación de sistemas de generación energética no tradicionales.
- En Mérida particularmente, la importación de componentes de sistemas fotovoltaicos podría ser libre de impuestos debido a que ZOLCCYT lo consideran avances tecnológicos para la ciudad.

2.9 Modelos teóricos y desarrollo de ecuaciones

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

La cantidad de energía Solar que llega a nuestro planeta, diariamente, alcanza el extraordinario valor de 1.500.000.000.000.000.000 KWh. El inconveniente para su aprovechamiento es que la densidad de 1KW/m2 es baja para su captación.

Planos iguales pero con inclinaciones diferentes pueden recibir igual flujo energético pero diferentes densidades de flujo energético. Esto quiere decir que la densidad de flujo energético que incide sobre una superficie, depende del ángulo formado entre dicha superficie y los rayos que inciden sobre ella.

Horas de sol pico se pueden definir como el número de horas de un día con una irradiancia ficticia de 1.000W/m2 que tendría la misma irradiación total que la real de ese día (ver anexo A-4). Se está concentrando toda la irradiancia absorbida a lo largo del día en unas pocas horas alrededor del medio día. Para mejor entendimiento de las horas de sol pico, imaginemos que cada hora del día es un vaso que puede contener un máximo de 1000 unidades y el Sol vierte unidades en esos vasos a lo largo

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

del día; entonces esas unidades que el Sol vertió se recogen y se llenan al máximo los vasos comenzando con el vaso de medio día y sus contiguos.

Las células fotovoltaicas se combinan en serie, para aumentar la tensión o en paralelo para aumentar la corriente sin aumentar la tensión. Los paneles fotovoltaicos que se encuentran en el mercado, se diseñan de manera tal que su tensión y corriente de salida, están adaptados para ser usados directamente por algunos equipos de consumo.

2.9.1 Componentes de la radiación global (G)

- La radiación que lleva consigo cada foton que entra a la atmósfera terrestre y no choca con partícula alguna que desvíe su trayectoria hasta llegar a la superficie de interés, se denomina radiación directa y se representa con la letra B.
- La radiación que lleva consigo cada foton que entra a la atmósfera terrestre y choca con partícula en el aire que desvía su trayectoria hasta llegar a la superficie de interés, se denomina radiación difusa y se representa con la letra D.
- La radiación que lleva consigo cada foton que entra a la atmósfera terrestre y llega a una superficie que desvía su trayectoria hasta llegar a la superficie de interés se denomina radiación reflejada o albedo y se representa con la letra R.
- La radiación total incidente sobre una superficie es la suma de los tres tipos de radiaciones descritos anteriormente (ver Anexos A-4 y A-5).

$$G = B + D + R \qquad 2\text{-}1$$

2.9.2 Influencia de la irradiación solar sobre los paneles fotovoltaicos

Estudios experimentales han demostrado que las variaciones de radiación solar influyen y determinan el comportamiento eléctrico de los paneles fotovoltaicos. Entre los resultados más importantes se encuentran los siguientes:

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Cuando los fotones inciden sobre la superficie del panel se crea una diferencia de potencial entre sus caras
- Si se conectan ambas caras del panel y se expone a la luz solar, se observaría que la corriente que pasa por la conexión es proporcional a la irradiación que incide sobre el panel.
- La corriente de cortocircuito aumenta al aumentar la irradiación.
- La tensión de circuito abierto disminuye al aumentar la irradiación.
- Si un panel fotovoltaico se expone a la luz solar se observaría que la potencia máxima aumenta al aumentar irradiación.

2.9.3 Influencia de la temperatura sobre los paneles fotovoltaicos

- Si se conectan ambas caras del panel expuesto a una luz constante y sometido a variaciones de temperatura, se observaría que la corriente que pasa por la conexión es independiente de la temperatura a la cual está sometido panel. Por lo anteriormente expuesto se puede concluir que la corriente de cortocircuito no depende de la temperatura.
- La diferencia de potencial de circuito abierto disminuye al aumentar la temperatura.
- La potencia máxima disminuye al aumentar la temperatura

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

2.9.4 Factor de degradación (delta)

La potencia de salida de la mayoría de los paneles fotovoltaicos depende de la temperatura a la cual se encuetran sometidos, si la temperatura de trabajo aumenta a un valor superior a 25°C la potencia de salida disminuye, esto se debe a la disipación de calor de las células fotovoltaicas. Cuando esto ocurre, la potencia de salida nunca alcanza el valor pico especificado por el fabricante. El diseño de un sistema fotovoltaico, debe preveer esta degradación del panel, a fin de que la planta fotovoltaica que se pretende instalar no presente fallas durante los días más calurosos del año. [11] (Lamaison U., 2006, p. 9).

Existen diferentes métodos para calcular el factor de degradación, entre los cuales se encuentra factor de degradación del panel a partir de los valores dados por las curvas I-V (son gráficas en sistemas

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

de coordenadas bidimensionales, en las que se muestran las variaciones de corriente con respecto al voltaje en los paneles fotovoltaicos) a alta temperatura, pero este proceso es tedioso e impreciso. Por ello es más conveniente usar factores de degradación dados en forma porcentual con relación a la potencia pico. Si el fabricante no dá información del δ, se puede asumir un coeficiente de degradación para la potencia de salida de 0,4 a 0,6 % / °C. [11] (Lamaison U., Raventós, J., 2006, p. 10).

2.9.5 Cálculo aproximado de la potencia de trabajo

La temperatura de trabajo (Tt) que alcanza un panel fotovoltaico obedece una relación lineal dada por la expresión:

$$\mathbf{Tt = Ta + K.R} \qquad \textbf{2-2}$$

Donde:

• Tt: Temperatura de trabajo.

• Ta: Máxima temperatura ambiente.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

• R: radiación solar en mW/cm2 (varía entre 80 y 100 mW/cm2).

• K: coeficiente que varía entre 0,2 y 0,4°C.cm2/mW dependiendo de la velocidad promedio del viento. Cuando ésta es muy baja, o inexistente, el enfriamiento del panel es pobre o nulo y K toma valores cercanos o iguales al máximo (0,4). Si la velocidad del viento produce un enfriamiento efectivo del panel, el valor de K será el mínimo (0,2).

K.R: Representa el incremento de temperatura que sufre el panel sobre la máxima temperatura ambiente.

Para calcular la potencia de salida a la temperatura de trabajo (Pt) que alcanza un panel fotovoltaico el primer paso es calcular la temperatura de trabajo y luego se determina el incremento en la temperatura respecto a la de prueba (25°C). La expresión aproximada para el cálculo es:

$$\mathbf{Pt = Pp - (Pp.\delta.\Delta t)} \qquad \textbf{2-3}$$

Donde:

• Pt: Potencia de salida a la temperatura de trabajo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

• Pp: Potencia pico del panel (25 °C).

• δ: Coeficiente de degradación (0,6 % / °C)

• Δt: Incremento de temperatura sobre los 25°C (Tt – 25°C)

(Las secciones: **2.1, 2.2, 2.3, 2.4,** fueron extraídos de: Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red, 2006). [11]

2.9.6 Dimensionado de una instalación fotovoltaica

En primer lugar se deben estimar los consumos eléctricos diarios de los equipos eléctricos que operan constantemente, por ejemplo:

Si existen tres dormitorios, y cada uno de ellos posee un bombillo de 10 vatios de potencia, y son usados en promedio 2 horas diarias, **entonces,** el consumo energético diario estimado de esos tres bombillos es: 3(unidades) x 10(Vatios) x 2(horas) = 60 (W.h).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Es importante destacar que los usuarios dependientes de un sistema fotovoltaico deben tomar conciencia del racionamiento eléctrico y tratar de evitar en lo posible, el poner en funcionamiento varios equipos eléctricos a la vez; esto mejora la calidad del servicio eléctrico y podría evitar posibles fallas en el sistema.

Sumando el consumo energético de cada equipo eléctrico, se obtiene el consumo energético estimado (el autor del trabajo citado también lo denomina Consumo energético teórico: E_T(W.h). A partir E_T(W.h), debemos calcular el consumo energético real E(W.h), necesario para hacer frente a los múltiples factores de pérdidas que van a existir en la instalación; E(W.h) se obtiene de la siguiente relación:

$$\mathbf{E = E_T / R} \qquad \textbf{2-4}$$

Donde **R** es el parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica, definido como:

$$\mathbf{R = (1 - k_b - k_c - k_v).(1-(k_a . N / P_d))} \qquad \textbf{2-5}$$

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Donde:

k_b: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador.

0,05 en sistemas que no demanden descargas intensas.

0,1 en sistemas con descargas profundas.

k_c: Coeficiente de pérdidas en el convertidor:

0,05 para convertidores senoidales puros, trabajando en régimen óptimo.

0,1 en otras condiciones de trabajo, lejos del óptimo.

k_v: Coeficientes de pérdidas varias:

Agrupa otras pérdidas como: rendimiento de red, efecto joule, malos contactos, etc.

0,05-0,15 como valores de referencia.

k_a: Coeficiente de auto descarga diario:

0,002 para baterías de baja auto descarga Ni-Cd.

0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido (las más habituales).

0,002 para baterías de alta auto descarga (arranque de automóviles).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

N: Número de días de autonomía de la instalación: Serán los días en que la instalación deba operar bajo una irradiación mínima (días nublados continuos), en los cuales se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

P_d: Profundidad de descarga diaria de la batería: Esta autodescarga no excederá el 80% (referida a la capacidad nominal del acumulador), ya que la eficiencia de este decrece con ciclos de carga – descargas muy profundas.

Una vez definida la utilidad energética real **E(W.h),** se puede obtener fácilmente la capacidad del banco de baterías **C(A.h)** necesarios, del siguiente modo:

$$C = E \cdot N / (V \cdot P_d) \qquad \textbf{2-6}$$

Donde V (V) es la tensión nominal del acumulador.

A partir de la capacidad calculada, seleccionaremos el equipo comercial (banco de baterías) más próximo a lo requerido.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Una vez definida la(s) batería(s) vamos a pasar a calcular los paneles solares necesarios para la instalación. Para ello debemos conocer, a partir de valores estadísticos históricos de la zona, el valor de **irradiación solar diaria media en superficie inclinada del lugar** (en nuestro caso los paneles se disponen en orientación Sur). Seleccionamos el mes durante el cual ocurren las condiciones más desfavorables para la instalación. Se supone que si el sistema funciona en ese mes, funcionará también en los otros meses del año.

Ahora es necesario introducir un concepto muy importante, las horas de picos solar **HPS** (h), definido como las horas de luz solar por día equivalentes, pero definidas en base a una irradiación **I (KW/m2)** constante de **1 KW/m2,** a la cual está siempre medida la potencia de los paneles solares. Es un modo de estandarizar la curva diaria de irradiación solar. La irradiación **H (KWh/m2)** es igual al producto de la irradiancia de referencia **I (1 KW/m2)** por las horas de pico solar **HPS** (h). Luego entonces los valores numéricos de la irradiación y horas de pico solar son iguales.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

$$H(kWh/m2) = I\ (1\ KW/m2)\ .\ HPS\ (h) \qquad 2\text{-}7$$

Los paneles solares producen una energía eléctrica durante todo el día equivalente a sólo las horas pico solar operando a su máxima potencia. Esa máxima potencia es el principal parámetro que define un panel solar y es uno de los principales parámetros de diseño que el proyectista debe definir.
El número de paneles solares **NP** necesarios se calcula del siguiente modo:

$$NP = E\ /\ (0{,}9\ .\ Wp\ .\ HPS) \qquad 2\text{-}8$$

Donde **Wp (W)** es la potencia pico de cada panel solar.

Normalmente los valores de pico solar varían cada mes; en nuestro caso se seleccionaría el mes en el cual las horas pico solar son menores y se aproximaría al entero superior inmediato. Como comprobación del funcionamiento adecuado de los panales propuestos, calcularemos el factor de utilización o cobertura solar del mes en el cual las horas pico solar son menores (i-ésimo mes).

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Fi = Energía disponible /Energía consumida= NP . 0,9 . Wp . HPSi/E **2-9**

Si evaluamos esta ecuación para todos los meses considerados observaremos que se cumple plenamente con la demanda energética necesaria, logrando un factor de cobertura promedio, mayor que el 100%.

Una vez definido el generador fotovoltaico, deberemos calcular el regulador de carga necesario, para ello simplemente multiplicamos la intensidad de cortocircuito de cada panel, obtenida del catálogo, por el número de paneles en paralelo necesarios. Ese producto será la máxima intensidad nominal a la que trabajará el regulador.

$I_{máx}$ = Intensidad de cortocircuito de cada panel. NP (amperios) **2-10**

Si los reguladores existentes en el mercado poseen una $I_{máx}$ que es menor a la necesitada por los paneles, entonces, se colocarían más reguladores en paralelo y actuando cada una sobre los paneles que pueda regular.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Por último seleccionaremos el inversor necesario; para ello debemos estimar la potencia instantánea máxima que la instalación va a demandar. Esto se obtiene sumando la potencia instantánea de los equipos eléctricos. (Esta sección fue extraída en base a la información existente en: Dimensionado y evaluación económica de una instalación fotovoltaica, 2006). [10]

2.9.7 Cálculo de la óptima inclinación de los paneles

$\beta_{opt} = 3{,}7 + 0{,}69\Phi$ siendo Φ la latitud (ver anexo A-7 y A-8) **2-11**

2.9.8 Cálculo de la radiación solar sobre superficies inclinadas

$$G_a(\beta_{opt}) = G_a(0) \,/\, [1 - 4{,}46 \times 10^{-4}\, \beta_{opt} - 1{,}19 \times 10^{-4}\, \beta_{opt}^2] \qquad \textbf{2-12}$$

Donde:

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

G_a (β_{opt}): es la radiación global incidente sobre el plano inclinado considerando el ángulo óptimo.

G_a(0): es la radiación global incidente sobre el plano horizontal.

En nuestro caso usaremos, en vez de radiación global incidente sobre el plano horizontal, la radiación media diaria para un mes en particular incidente sobre el plano horizontal. (Las secciones: **2.6, 2.7,** fueron extraídos de: Sistemas F.V conectados a la red, 2006). [11]

2.10 Metodologías usadas

2.10.1 Pasos para un estudio de simulación

El profesor Hoeger, H., (2005) p. III-1, en sus apuntes en el curso de introducción a la simulación y modelado de sistemas, sugiere seguir los siguientes pasos para un estudio de simulación

- Formulación del problema y plan de estudio: definición de objetivos, alcance del proyecto, alternativas de diseño, criterios de evaluación y planificación del estudio en términos de personal, costos y tiempo. [2]
- Recolección de datos y definición del modelo: recolectar los datos de interés, distribuciones de las variables aleatorias usadas en el modelo, elaboración del modelo [2]
- ¿Valido? : validar si el modelo desarrollado es representativo del sistema que se está estudiando. [2]
- Construcción del programa y verificación: seleccionar el lenguaje a usar, seleccionar de generadores de números aleatorios adecuados, generar adecuadamente las distribuciones necesarias y verificar si el programa corresponde al modelo simulado. [2]
- Corridas piloto: estas corridas se hacen para validar el modelo verificado. [2]
- ¿Valido?: se verifica la correspondencia de los datos arrojados por el simulador con respecto a los resultados arrojados por el sistema y estudios de sensibilidad del modelo. [2]
- Diseño de experimentos: replicaciones, promedio de replicaciones, intervalos de confianza, test de hipótesis. [2]
- Corridas de producción. [2]

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Análisis de salida: seleccionar la mejor alternativa, observar si la cantidad de replicaciones realizadas son suficientes para la toma de decisiones. [2]
- Documentación, presentación e implementación de los resultados.[2]

2.10.2 El método Watch

El método Watch (versión 2004) el cual desarrollado por Montilva, J., fue de mucha utilidad para el desarrollo del modelo de simulación, aunque está diseñado para desarrollar aplicaciones empresariales, su uso agrega visibilidad al proyecto. Sus ventajas son:

- Permite conocer en que fase del desarrollo se encuentra el proyecto en un momento dado.
- Facilita las labores de planificación y control.
- Establece un marco metodológico único que estandariza el proceso de desarrollo y unifica la documentación.
- Fundamentado en modelos de procesos de ingeniería del software basada en componentes
- Emplea las mejores prácticas, técnicas y notaciones utilizadas regularmente en la industria del software.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Este método consta de los siguientes componentes: modelo del producto, modelo del proceso y modelo del grupo de desarrollo. Para mayor información revisar el Anexo C, en el cual se realiza una explicación más detallada de dicho método.

2.11 Herramientas de programación requeridas para el desarrollo del proyecto

2.11.1 HTML

Para crear el sistema configurador/simulador interactivo es necesario utilizar HTML, este lenguaje permite el acceso a dicho sistema por cualquier punto de la red de Internet. Con HTML podemos crear las páginas web que servirán de vínculo entre los usuarios de Internet y el sistema interactivo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

"**HTML** es el acrónimo inglés de *HiperText Markup Languaje*, lenguaje de marcado de hipertexto en castellano. Es el lenguaje universal de Internet, el que todos los navegadores entienden y en el que se representa más del 90% del contenido web (el resto son imágenes, animaciones en flash, etc.)." (CURSO PHP Y MYSQL II, 2006, p. 3). Toda página implementada en HTML, está formada básicamente por un inicio del documento, una cabecera del documento y el cuerpo del documento

Una cuestión clave al utilizar HTML, es separar la presentación de un documento de la estructura de la información del documento. [5] (Deitel, H., y Deitel, P., 2003, p. 1237)

2.11.2 PHP

PHP es un lenguaje de alto nivel que fue usado para permitir la interacción entre el lenguaje de simulación, las tablas y los resultados del simulador con el navegador de Internet. Las características más resaltantes de PHP se muestran a continuación:

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

- PHP es un lenguaje multiplataforma interpretado de alto nivel.
- Se puede empotrar en páginas HTML.
- Su curva de aprendizaje es exponencial.
- Su creador fue Rasmus Lerdorf en el año 1995.
- En 1997 se presentó una nueva versión, la llamada 2.0 de PHP/FI.
- Posteriormente se crea PHP 3.0 cuya principal característica fue su gran extensibilidad, proveía además una infraestructura sólida y consistente para muchas bases de datos, protocolos y APIs.
- PHP 3.0 fue liberado oficialmente en Junio de 1998.
- PHP 4.0 fue liberado con este motor en Mayo del 2000. Con soporte para la mayoría de servidores web, sesiones HTTP, características de seguridad y nuevas construcciones del lenguaje.
- Es importante destacar que hoy en día, más del 20% de servidores de Internet tienen instalado un servidor con PHP.
- PHP 5 fue recientemente liberado con un soporte muy amplio para la programación orientada a objetos, claramente el futuro.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- PHP no necesita que nuestro navegador tenga características especiales para poder ver páginas Web. [8] (Esta sección fue desarrollada en base a la información existente en: Curso PHP y mySQL [CURSO PHP Y MYSQL II], 2006, p. 5 y 6).

2.11.3 GLIDER

Es un lenguaje de simulación de propósito general, que representa el sistema de interés a través de una red de nodos que intercambian información. Algunas de sus características son las siguientes:

- GLIDER es un lenguaje de simulación que permite realizar a través de él, simulaciones discretas, continuas o mixtas.
- GLIDER permite modelar los sistemas, a través de un conjunto de subsistemas interrelacionados entre si y representados en una red conformada por nodos.
- Los nodos de la red intercambian mensajes o información.
- Cada nodo puede almacenar, transformar, transmitir, crear y eliminar información. [1]
- GLIDER Es un acrónimo viene de los nodos que inicialmente se consideraron en el diseño del lenguaje. Los nodos considerados son nodos tipo puerta, lista, entrada, decisión, salida y recurso. Posteriormente se incorporaron los nodos continuos, autónomos y los de tipo general. [1]
- Este lenguaje de simulación está basado en PASCAL y actualmente se está pasando a la plataforma JAVA (con el proyecto llamado GALATEA), esto le dará a GLIDER más portabilidad, facilitando su crecimiento y manejo. GALATEA pasa a ser el sucesor de GLIDER.
- GLIDER permite hacer simulación por eventos discretos. [1]

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

2.12 Lenguaje de modelado UML

UML es un lenguaje de modelado unificado estándar y abierto el cual está basado en una notación gráfica que permite: especificar, construir, visualizar y documentar los objetos de un sistema de información programado. Es importante destacar que UML no es ni una metodología ni un método;

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

UML es un formalismo para el análisis y diseño de sistemas de información orientados a objetos que posee un seguimiento de carácter iterativo e incremental durante el desarrollo del sistema. [23]

UML puede ser utilizado por cualquier metodología de análisis y diseño orientada por objetos para expresar los diseños. En él se modelan sistemas mediante el uso de objetos representativos de las partes de dicho sistema así como, las relaciones estáticas o dinámicas que existen entre ellos.

Este lenguaje es el resultado de la unificación de los métodos de modelado orientados a objetos de Voc., Rumbaugh (OMT: Object Modeling Technique) y Jacobson (OOSE: Object-Oriented Software Engineering). [16]

En UML se pueden desarrollar diferentes diagramas entre los cuales se encuentran diagramas de casos de uso, diagramas de clases, diagramas de actividades, diagramas de iteración (diagramas de secuencia y diagramas de colaboración), diagramas de estados, diagramas de implementación (diagramas de componentes y diagramas de despliegue). Estos diagramas son representaciones del modelo físico o lógico del sistema bajo un enfoque dinámico o estático.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Es importante destacar que UML se fundamenta en tres grandes fases:

- Primera fase: es un complemento a las especificaciones, esta fase se denomina el modelado de *casos de uso*, la cual permite detallar los diferentes actores del sistema y los diferentes procesos a los cuales están relacionados.[13]
- Segunda fase: denominada "*el modelo de objetos*", también llamada el modelo estático. Esta fase permite describir los objetos y las relaciones que intervienen en el marco de la problemática. Esta descripción es doble: una descripción de la estructura de los objetos y sus características, y una descripción de las asociaciones existentes entre los diferentes objetos.[13]
- Tercera fase denominada "*el modelo dinámico*", en la cual se representa los ciclos de vida de los objetos en la aplicación, es decir, la evolución interna de los objetos.[13]

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 3

Modelado y análisis de requerimientos

En este capítulo se realiza una descripción de los requerimientos del sistema para los cuales se desarrolla el sistema Web. Se fijan las necesidades de información y se definen los modelos, reglas y actores. Por último, se identifican los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. Siguiendo los pasos de la metodología Watch y en concordancia con los pasos sugeridos en los apuntes de Hoeger.

3.1 Primera Iteración

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

3.1.1. Descripción del sistema

El sistema de generación de energía fotovoltaica esta basado en la utilización de la energía solar para la producción de electricidad.

- Parte de la energía solar que incide sobre los paneles es aprovechada. La otra parte se pierde.
- La energía aprovechada varia dependiendo de la calidad de los paneles que se usan.
- La electricidad producida por los paneles, es enviada al controlador de carga el cual, es el encargado de no permitir que el suministro de electricidad exceda la capacidad de la batería. El excedente generado por los paneles y no aprovechado por las baterías, es suministrado a otros equipos directamente o en el peor de los casos se pierde.
- La mayoría de los paneles fotovoltaicos que se fabrican en el mercado, están diseñados para ser usados con baterías que almacenan corriente continua y conservan una diferencia de potencial de 12 o 24 voltios.
- La capacidad del banco de baterías varía según el modelo, normalmente pueden almacenar entre 36 y 1680 amperios. Es importante destacar que estas baterías aceptan constantes cargas y

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

descargas (a diferencia de las baterías de los carros), pero la profundidad de la descarga no puede bajar de las especificaciones dadas por el fabricante porque la batería podría sufrir daños.

- En el momento en que se requiera energía por los aparatos de consumo, dicha energía llega a ellos, pero pasando primero por el inversor que transforma la corriente continua de 12V o 24V a corriente alterna de 110V.
- El consumo de una vivienda rural está definido por los elementos de consumo existentes en ella. El consumo teórico es el que está dado por las especificaciones del fabricante de los equipo de la vivienda.

En esta sección es importante destacar que no existen sistemas fotovoltaicos instalados en Mérida que sirvan de referencias o guías para su implementación computacional.

3.1.2 Visión del sistema configurador/ simulador

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

El desarrollo del simulador permitirá estimar el desempeño del sistema en diversas condiciones de funcionamiento. El hecho de consolidar el simulador dentro de un sistema Web permitirá al usuario agilizar y facilitar el flujo de la información para la toma de decisiones oportunas y efectivas. Se podrá acceder al simulador a través de otros servidores remotos.

3.1.3 Misión del sistema configurador/ simulador

Debido a que el sistema fotovoltaico pretende satisfacer las necesidades de energía eléctrica del cliente que lo requiera instalar; el sistema configurador/simulador debe generar una configuración adecuada a las necesidades del cliente y evaluar su comportamiento a lo largo del tiempo.

3.1.4 Modelos utilizados

- **Definición del modelo de configuración adecuada**

Se desarrolló un método simplificado de dimensionamiento para hacer un cálculo previo del sistema y obtener una estimativa del número de módulos y de baterías antes de realizar la simulación;

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

esto se obtuvo en función de la energía requerida por los usuarios y las características de los componentes.

Dicho método consiste en la realización de un balance de energía con valores medios mensuales (su explicación teórica se encuentra en el apartado 2.9.7) durante el mes en el que ocurren las condiciones más desfavorables para la instalación. Se supone que si el sistema funciona en ese mes, funcionará también en los otros meses del año.

Para realizar los balances, primeramente se debe determinar la energía generada por los módulos, que será inyectada en el banco de baterías.

- **Definición de la escala de tiempo a usar**

Debido a la importancia de determinar la influencia que tienen los diferentes intervalos de tiempo sobre los resultados finales, estudios anteriores expresan lo siguiente: "...Notton et al. (1996); Compararon el comportamiento de sistemas usando base de tiempos diarios y horarios, determinando una subestimación del área de los módulos para simulaciones diarias, y para un cambio del intervalo de tiempo de horas a minutos concluyen que no son significativas las variaciones en los valores... que también es utilizada por otros autores (Klein y Beckman, 1987) y programas" (Vera, Krenzinger, 2004)." [9]

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Fundamentado en lo anterior se decidió utilizar valores horarios de radiación, por ello el sistema configurador/simulador, distribuye la radiación diaria en las horas del día y evalúa los componentes en función de dicha radiación horario.

- **Concretar el modelo simulador/configurador**

En cuanto al desarrollo de los modelos que sustentan el sistema configurador/simulador, se puede considerar como evolutivo (en la medida en que pasamos de una iteración a la otra, el modelo se hace más representativo del sistema de interés).

Es importante definir la manera de generar la radiación solar, la cual se transformará en la energía eléctrica que usarán los elementos de consumo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- En esta primera fase del modelo, la radiación solar diaria se va a distribuir uniformemente entre las 6 de la mañana y 7 de la noche, en la noche la radiación no es significativa.
- El modelo de elementos de consumo: En esta primera fase, se considera que la electricidad generada por los panales, permanece cierto tiempo en la batería y luego, distribuirse con cierta probabilidad en los elementos de consumo (bombillos, televisor(es), nevera, licuadora, etc.).

3.1.5 Reglas y restricciones

- La energía que entra al sistema proviene de la radiación solar.
- No se considera otra energía alterna que entre al sistema.
- El consumo de energía se realiza estrictamente a través de las baterías.
- Los módulos y baterías usados son los que se encuentran disponibles en el mercado.
- Cuando la temperatura de trabajo aumenta (en los paneles fotovoltaicos) el valor de la potencia de salida disminuye.
- La hora de salida y puesta del sol permanecen constantes para cada modelo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

En el sistema que se desarrollo, no se considera lo siguiente:

- El efecto espejo de las cubiertas de vidrio que poseen los paneles para la protección de las celdas. Esta desviación de fotones puede disminuir la captación de energía.
- Se asume que el consumo de una vivienda rural es constante y las cargas corresponden a las lámparas, televisor, nevera, licuadora, etc.
- No se consideran los factores como: costumbres de los usuarios, capacidad de administrar la energía disponible, comportamientos anormales etc.
- El consumo se considera una variable conocida cuyo valor es suministrado por el usuario. Previo a la ejecución del sistema configurador/simulador, el usuario debe hacer un cálculo estimado del consumo teórico de la vivienda.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Además, no se toman en cuenta: la longitud de los cables, la caída de tensión de los cables, la ubicación de los paneles y los factores externos a la ubicación de los paneles, por ejemplo, edificaciones, montañas y otros que obstruyan total o parcialmente la luz solar.
- El sistema configurador/simulador no toma en consideración el deterioro de las baterías, paneles, etc.

3.1.6 Actores

- Usuario general: Son los clientes potenciales de la localidad de Mérida que necesiten o deseen instalar un sistema fotovoltaico.
- El diseñador: persona o grupo de personas encargadas de establecer el modelo del sistema más apropiado a las de necesidades del usuario.
- Instalador del sistema fotovoltaico: persona o grupo de personas encargadas implementar el sistema que ha sido diseñado.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

3.1.7 Requerimientos previos a la ejecución del modelo

Antes de la ejecución del sistema configurador/simulador, el usuario del sistema debe hacer un cálculo estimado del consumo teórico de la vivienda; para ello se requieren los siguientes pasos:

1. Seleccionar los elementos de consumo que serán alimentados por el sistema.
2. Contar el número de piezas de cada elemento de consumo (si hay varios).
3. Identificar la potencia de cada aparato de consumo.
4. Estimar las horas de uso diarias de cada aparato.
5. Calcular el consumo diario de cada grupo de elementos de consumo.
6. Obtener el consumo total diario en Wh/día.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

3.1.8 Requerimientos funcionales

Los requisitos funcionales determinan las necesidades de información y automatización de los procesos, que tienen los usuarios del simulador y que el sistema Web debe cumplir luego de su desarrollo. A lo largo de una serie de investigaciones en el área y reuniones con los tutores, se logró identificar los siguientes requisitos funcionales:

1. Simular:
   - La generación de radiación solar, la cual se presenta en el sistema por ciclos interrumpidos por las noches y cuya variabilidad diaria depende de varios factores ambientales.
   - El comportamiento de los paneles fotovoltaicos según las especificaciones del fabricante. Las eficiencias de los panales van determinadas por los vatios pico dados por el fabricante en las especificaciones del panel (este es un estudio que se realiza a los paneles para obtener su rendimiento en las mejores condiciones ambientales).
   - El controlador de carga, el cual, es el que regula el flujo de energía que va dirigido a la batería
   - El comportamiento banco de baterías que sirve para almacenar la energía y suministrarla en el momento que se requiera.
   - El consumo eléctrico de una vivienda rural a la cual, se le quiera instalar un sistema fotovoltaico. Debe existir un controlador que regule el consumo dependiendo de cada momento del día.
   - El modificador de la potencia pico, dependiendo de la temperatura del día.
   - Debido a que la batería debe tener una carga inicial, es necesario, generar esa energía antes del comienzo de la simulación.
   - Un graficador de componentes significativos. El comportamiento de los sistemas modelados se visualiza mejor a través de las gráficas.
   - Es necesario que el simulador muestre una tabla de estadísticas del modelo simulado. GLIDER dispone de un generador de resultados, los cuales almacena en un archivo que podremos aprovechar.
   - Si la simulación es para un período de tiempo largo, necesitaremos unos procedimientos de lectura de archivos de una tabla en la que tendremos almacenados los datos de radiación y temperatura por mes.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2. El sistema configurador/simulador debe determinar configuraciones adecuadas estimadas, donde se determinen las piezas requeridas de cada componente, según el consumo diario estimado.
3. El sistema configurador/simulador debe determinar la potencia de trabajo a temperatura máxima. Esto da una estimativa del comportamiento del panel en situaciones cercanas a las reales.
4. El sistema Web debe interactuar entre el usuario y el simulador como un facilitador entre ambos, mostrando la información requerida en el momento dado, desplegando estadísticas dadas por el simulador, exponiendo la información necesaria para efectos de ejecución del simulador y por último dar al usuario la información de productos existentes en el mercado relacionados con los sistemas fotovoltaico para que la simulación se ejecute lo más cercana a las disponibilidades de materiales existentes.

3.1.9 Requerimientos no funcionales

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Los requisitos no funcionales representan aquellos aspectos del sistema que no cumplen una función específica, pero que ayudan a la interacción entre los actores y el sistema. Son las restricciones de la aplicación, los atributos de calidad, los límites de memoria, requerimientos de seguridad, restricciones de software, restricciones de hardware, así como también manuales del usuario y ayudas en línea que permiten un mejor uso del sistema. En este caso se encontraron los siguientes:

- El Sistema operativo Windows 2000 o más actualizado usando como servidor Web Apache en la máquina local, con el navegador INTERNET EXPLORER, u otros que soporten FRAMES (preferiblemente) en la parte del usuario.
- Es necesario la implementación de manuales para el usuario, que permitan el manejo adecuado del sistema configurador/simulador.
- El sistema debe contener un conjunto de ayudas en línea para aquellos usuarios de Internet que no sepan manejar el sistema configurador/simulador
- PHP como lenguaje multiplataforma de programación interpretado de alto nivel y GLIDER como herramientas de desarrollo del sistema Web y el simulador; y por último HTML como lenguaje universal de Internet para que interactúe con PHP.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

3.1.10 Definición de los casos de uso

Los casos de uso son casos de utilización del sistema, descripciones narrativas de su comportamiento, gracias a las cuales podemos mejorar la comprensión de los requisitos. Estas descripciones cubren tanto el comportamiento normal del sistema, como todas las variantes, de éxito o de fracaso, que pudieran originarse durante un proceso. Una descripción de los casos de uso (para esta iteración) se presenta a continuación:

- Determinar una configuración adecuada. Genera el número de paneles y el tamaño del banco de baterías según el consumo requerido.
- Generar la potencia de trabajo. Eficiencia de los paneles dependiendo de la temperatura ambiental.
- Simular con radiación distribuida uniformemente.
- Generación y despliegue de los resultados del simulador. Observar como se comporta la configuración propuesta a lo largo del tiempo, para evitar posible fallas.
- Mostrar productos existentes en el mercado. Disponibilidad de paneles, baterías, controladores de carga e inversores existentes en el mercado (ver anexo A-3).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

El modelador o directamente el usuario pueden interactuar con el sistema configurador/simulador diseñado. Una descripción más detallada de los casos de uso se presenta en la cuarta iteración.

3.2 Segunda Iteración

3.2.1 Modelos utilizados

Modelo de generación de radiación: Se considera que la mayor cantidad de radiación se produce entre las 10am. y las 2pm., en el resto del día la radiación generada es menor. En este caso, la radiación se distribuye uniformemente entre las 6 de la mañana y 7 de la noche pero tiene un escalón incremental desde las 10 de la mañana hasta las 2 de la tarde.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El modelo de elementos de consumo: Al igual que en la primera iteración, la electricidad generada por los panales, permanece cierto tiempo en la batería y luego, distribuirse con cierta probabilidad en los elementos de consumo.

3.2.2 Requerimientos previos a la ejecución del modelo

En esta fase se desarrolló una tabla, la cual facilita y visualiza mejor, la forma en la cual se tiene que calcular el consumo teórico de una vivienda. Se puede agregar un consumo extra constante, que prevea algunos factores externos.

Cargas	Potencia (W)	Cantidad	Horas de uso	Consumo diario
Bombillos de luz blanca	10	2	8	160
Lámparas fluorescentes	14	1	2	28
Radio	5	1	5	25
Equipo de sonido	60	1	1	60
Carga fija	-	-	-	50
Consumo total diario teórico (Wh/dia)				323

Tabla 1 Elementos de consumo considerados en una instalación fotovoltaica.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

3.3 Tercera Iteración

3.3.1 Modelos utilizados

Modelo de generación de radiación: Se considera que la radiación se distribuye a través de una función Binomial con parámetros (n=20, p=0.6). Esta función de probabilidades aunque es discreta, se asemeja mucho a la forma en que se distribuye la radiación en un día cualquiera.

El modelo de elementos de consumo: Al igual que en la primera y segunda iteración, la radiación generada por los panales, permanece cierto tiempo en la batería y luego, distribuirse con cierta probabilidad en los elementos de consumo.

3.4 Cuarta Iteración

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

3.4.1 Modelos utilizados

Modelo de generación de radiación: Se considera que la radiación se distribuye a través de una función Normal con media 12 y desviación 2. Esta función de probabilidades es muy usada para representar la forma en que se distribuye la radiación en un día cualquiera.

El modelo de elementos de consumo: Se considera la batería como una puerta, a través de la cual pasan los vatios requeridos por los elementos de consumo. En esta fase es importante destacar que el consumo promedio varía dependiendo de la hora del día (por ejemplo: entre las 12pm. y las 6am., el consumo de energía es menor que entre las 6pm. y las 12pm.).

3.4.2 Requerimientos funcionales

En esta fase es necesario adicionar al modelo el comportamiento del inversor de corriente continua a corriente alterna. Por lo tanto, los elementos que constituyen la red del simulador van a contener el nodo adicional: **Inversor.**

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

3.4.3 Definición de casos de uso

Los casos de uso son situaciones en las que se usará el sistema, se describe su comportamiento, ayuda a tener una mejor comprensión de los requisitos. Estas descripciones cubren tanto el comportamiento normal del sistema, como todas las variantes, que pudieran originarse durante un proceso. En la tabla 2 definen los casos de uso existentes en el sistema configurador/simulador desarrollo.

Caso de uso	Descripción
CU1. Determinar la configuración adecuada	Genera el número de paneles y el tamaño del banco de baterías según el consumo requerido.
CU2. Generar la potencia de trabajo	Determina la eficiencia de los paneles dependiendo de la temperatura ambiental.
CU3. Simular con radiación distribuida uniformemente	Simula el comportamiento de los componentes de un sistema fotovoltaico considerando que la radiación solar diaria se va a distribuir uniformemente entre las 6 de la mañana y 7 de la noche. Además, se considera que la electricidad generada por los paneles, permanece cierto tiempo en la batería y luego, distribuirse con cierta probabilidad en los elementos de consumo.
CU4. Simular con radiación distribuida uniformemente escalón	Simula el comportamiento de los componentes de un sistema fotovoltaico considerando que la radiación se distribuye uniformemente entre las 6 de la mañana y 7 de la noche pero tiene un escalón incremental desde las 10 de la mañana hasta las 2 de la tarde. El consumo eléctrico es considerado igual CU3.
CU5. Simular con radiación distribuida binomialmente	Simula el comportamiento de los componentes de un sistema fotovoltaico considerando que la radiación se distribuye a través de una función Binomial con parámetros (n=20, p=0.6). El consumo eléctrico es considerado igual CU3.
CU6. Simular con distribución de radiación normal	Simula el comportamiento de los componentes de un sistema fotovoltaico considerando que la radiación se distribuye a través de una función Normal con media 12 y desviación 2.
CU7. Simular con distribución de radiación normal y consumo regulado	Igual al CU6 pero considera que el consumo eléctrico varía dependiendo de la hora del día (hay ciertas horas del día en las que hay un incremento en la carga eléctrica de la vivienda, por ejemplo, el consumo de 7pm a 8pm es mayor que el consumo de 3am a 4 a.m.).
CU8. Simular con distribución de radiación normal, consumo regulado y períodos largos	Igual al CU7 pero se simula el sistema fotovoltaico a partir del 1° de enero hasta un máximo de un año; se evalúa el sistema considerando valores de irradiancia y temperatura preestablecidos y colocados en una tabla.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

CU9. Presentar estadísticas del último modelo ejecutado	Muestra un conjunto de resultados que permiten observar como se comporta la configuración propuesta a lo largo del tiempo, para evitar posible fallas.
CU10. Desplegar tipos de baterías existentes en el mercado	Disponibilidad de baterías existentes en el mercado. Esto permite simular con productos que se encuentran en el mercado
CU11. Desplegar tipos de módulos existentes en el mercado	Igual al CU10 pero referido a módulos.

Tabla 2 Definición de los casos de uso.

3.4.4 Descripción de los casos de uso

Las siguientes tablas sirven de complemento a la información expuesta en la sección **3.1.10** en la que se tocó de una manera superficial la descripción de los casos de uso. En esta sección se detalla más lo que el sistema debe hacer.

CU1. Determinar configuración adecuada	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos, técnicos que instalan dichos sistemas e ingenieros y diseñadores de plantas fotovoltaicas. Estas personas, determinan la cantidad de paneles, el tamaño del banco de baterías y otros componentes para su instalación directa o su posterior evaluación en el simulador. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	Haber calculado el consumo teórico a través de los requerimientos de carga. Conocer un estimado de los coeficientes de pérdidas y las características de los componentes involucrados. Disponer del valor de la radiación estimada que va a incidir sobre los paneles.
Poscondiciones:	Presentar por pantalla la configuración adecuada.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar la configuración adecuada. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- El sistema presenta al usuario la configuración inicial resultante.	
Extensiones (flujos alternativos):	
Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección.	
Frecuencia:	Previo a la ejecución del simulador o cuando el usuario lo desee.

Tabla 3 CU1. Determinar configuración adecuada.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

CU2. Generar la potencia de trabajo	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en realizar mejores estimación de la eficiencia de los paneles que se desean usar. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	Conocer la temperatura máxima ambiental, radiación solar expresada en mili vatios por centímetros cuadrados, coeficiente de degradación del panel (ver sección 2.9.3 y 2.9.4), potencia pico del panel y coeficiente de variación del viento (ver sección 2.9.5).
Poscondiciones:	Presentar por pantalla la potencia de trabajo del panel a la temperatura más alta que será sometido.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar la potencia de trabajo. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- El sistema presenta al usuario potencia del panel a la temperatura más alta que será sometido.	
Extensiones (flujos alternativos):	
Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección.	
Frecuencia:	Cuando el usuario lo desee.

Tabla 4 CU2. Generar la potencia de trabajo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

CU3. Simular con radiación distribuida uniformemente	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	1.- Haber ejecutado el CU1 (no es imprescindible). 2.- Revisar los CU10 y CU11 con la finalidad de simular con componentes existentes en el mercado (no es imprescindible).
Poscondiciones:	Presentar por pantalla gráficos y tabla de estadísticas así como resultados propios de GLIDER.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- La radiación solar diaria se va a distribuir uniformemente entre las 6 de la mañana y 7 de la noche. 4.- Se generan gráficos que muestran la evolución de la simulación (radiación y carga batería). 5.- El sistema presenta al usuario los resultados y estadísticas de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
1.- Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección. 2.- Evaluación de la configuración inicial con diferentes parámetros.	

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

3.- El sistema modelador simulador (a través de GLIDER) puede realizar varias replicaciones del experimento que se está evaluando.	
Frecuencia:	Después de haber ejecutado CU1, o cuando el usuario lo desee.

Tabla 5 CU3 Simular con radiación distribuida uniformemente.

CU4. Simular con radiación distribuida uniformemente escalón	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	1.- Haber ejecutado el CU1 (no es imprescindible). 2.- Revisar los CU10 y CU11 con la finalidad de simular con componentes existentes en el mercado (no es imprescindible).
Poscondiciones:	Presentar por pantalla gráficos y tabla de estadísticas así como resultados propios de GLIDER.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación.	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación.	
2.- El sistema valida los datos presentados.	
3.- El simulador genera valores de radiación a través de una distribución uniforme entre las 6 de la mañana y 7 de la noche pero tiene un escalón incremental desde las 10 de la mañana hasta las 2 de la tarde.	
4.- El sistema genera gráficos que muestran la evolución de la simulación (gráficos de radiación y de carga batería).	
5.- El sistema presenta al usuario los resultados y estadísticas de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
1.- Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección.	
2.- El sistema modelador simulador (a través de GLIDER) puede realizar varias replicaciones del experimento que se está evaluando.	
Frecuencia:	Después de haber ejecutado CU1, o cuando el usuario lo desee.

Tabla 6 CU4 Simular con radiación distribuida uniformemente escalón.

CU5. Simular con radiación distribuida binomialmente	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	1.- Haber ejecutado el CU1 (no es imprescindible).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

	2.- Revisar los CU10 y CU11 con la finalidad de simular con componentes existentes en el mercado (no es imprescindible).
Poscondiciones:	Presentar por pantalla gráficos y tabla de estadísticas así como resultados propios de GLIDER.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- El simulador genera la radiación a través del uso de una función Binomial con parámetros (n=20, p=0.6). 4.- El sistema genera gráficos que muestran la evolución de la simulación a lo largo del tiempo (generación de radiación y carga batería). 5.- El sistema presenta al usuario los resultados y estadísticas de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
1.- Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección. 2.- El sistema modelador simulador (a través de GLIDER) puede realizar varias replicaciones del experimento que se está evaluando.	
Frecuencia:	Después de haber ejecutado CU1, o cuando el usuario lo desee.

Tabla 7 CU5. Simular con radiación distribuida binomialmente.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

CU6. Simular con distribución de radiación normal	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	1.- Haber ejecutado el CU1 (no es imprescindible). 2.- Revisar los CU10 y CU11 con la finalidad de simular con componentes existentes en el mercado (no es imprescindible).
Poscondiciones:	Presentar por pantalla gráficos y tabla de estadísticas así como resultados propios de GLIDER.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- los valores de radiación se generan a través de una función Normal con media = 12 y desviación estándar = 2. 4.- El simulador genera gráficos para mejor observar la evolución del sistema modelado. 5.- El sistema presenta al usuario los resultados de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
1.- Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección. 2.- El sistema modelador simulador (a través de GLIDER) puede realizar varias replicaciones del	

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

experimento que se está evaluando.	
Frecuencia:	Después de haber ejecutado CU1, o cuando el usuario lo desee.

Tabla 8 CU6. Simular con radiación distribuida binomialmente.

CU7. Simular con distribución de radiación normal y consumo regulado	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	1.- Haber ejecutado el CU1 (no es imprescindible). 2.- Revisar los CU10 y CU11 con la finalidad de simular con componentes existentes en el mercado (no es imprescindible).
Poscondiciones:	Presentar por pantalla gráficos y tabla de estadísticas así como resultados propios de GLIDER.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- los valores de radiación se generan a través de una función Normal con media = 12 y desviación estándar = 2. 4.- El simulador distribuye el consumo de carga dependiendo de la hora del día. 5.- El simulador genera gráficos para mejor observar la evolución del sistema modelado. 6.- El sistema presenta al usuario los resultados de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
1.- Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección. 2.- El sistema modelador simulador (a través de GLIDER) puede realizar varias replicaciones del experimento que se está evaluando.	
Frecuencia:	Después de haber ejecutado CU1., o cuando el usuario lo desee.

Tabla 8 CU7. Simular con distribución de radiación normal y consumo regulado.

CU8. Simular con distribución de radiación normal, consumo regulado y períodos largos	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	1.- Haber ejecutado el CU1 (no es imprescindible). 2.- Revisar los CU10 y CU11 con la finalidad de simular con componentes existentes en el mercado (no es imprescindible). 3.- El modelo asume que la simulación empieza el primero de enero a partir

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

	de la media noche.
Poscondiciones:	Presentar por pantalla gráficos y tabla de estadísticas así como resultados propios de GLIDER.
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
1.- El sistema solicita al usuario el conjunto de datos para determinar ejecutar la simulación. 2.- El sistema valida los datos presentados. 3.- Los valores de radiación se generan a través de una función Normal con media = 12 y desviación estándar = 2. 4.- El simulador toma de una tabla contentiva de datos la radiación media diaria para cada mes del año y temperatura promedio mensual para generar valores de radiación necesarios en un momento dado. 4.- El simulador distribuye el consumo de carga dependiendo de la hora del día. 5.- El simulador genera gráficos para mejor observar la evolución del sistema modelado. 6.- El sistema presenta al usuario los resultados de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
1.- Si los datos introducidos por el usuario no se encuentran en los valores posibles, el sistema presenta una pequeña ventana para hacer la corrección. 2.- El sistema modelador simulador (a través de GLIDER) puede realizar varias replicaciones del experimento que se está evaluando.	
Frecuencia:	Después de haber ejecutado CU1, o cuando el usuario lo desee.

Tabla 9 CU8. Simular con distribución de radiación normal, consumo regulado y períodos largos.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

CU9. Presentar estadísticas del último modelo ejecutado	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación y estadísticas. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	Haber ejecutado el CU3 o CU4 o CU5 o CU6 o CU7 o CU8
Poscondiciones:	Presentar por pantalla las estadísticas y resultados de la simulación
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
El sistema presenta al usuario los resultados y estadísticas de la simulación.	
Extensiones (flujos alternativos):	
Frecuencia:	Cuando el usuario lo desee.

Tabla 10 CU9. Presentar estadísticas del último modelo ejecutado.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

CU10. y CU11. Desplegar tipos y características de baterías y de módulos existentes en el mercado	
Actor Principal:	Usuario general
Personas involucradas e intereses:	
Usuario general: Personas interesadas en los sistemas fotovoltaicos y que tengan conocimiento en simulación. Encargado del mantenimiento y actualización del sistema configurador/simulador.	
Precondiciones:	
Poscondiciones:	Presentar por pantalla la tabla de características de baterías existentes en el mercado
Escenario principal de éxito (flujo básico):	
El sistema presenta al usuario tabla de productos.	
Extensiones (flujos alternativos):	
Frecuencia:	Cuando el usuario lo desee.

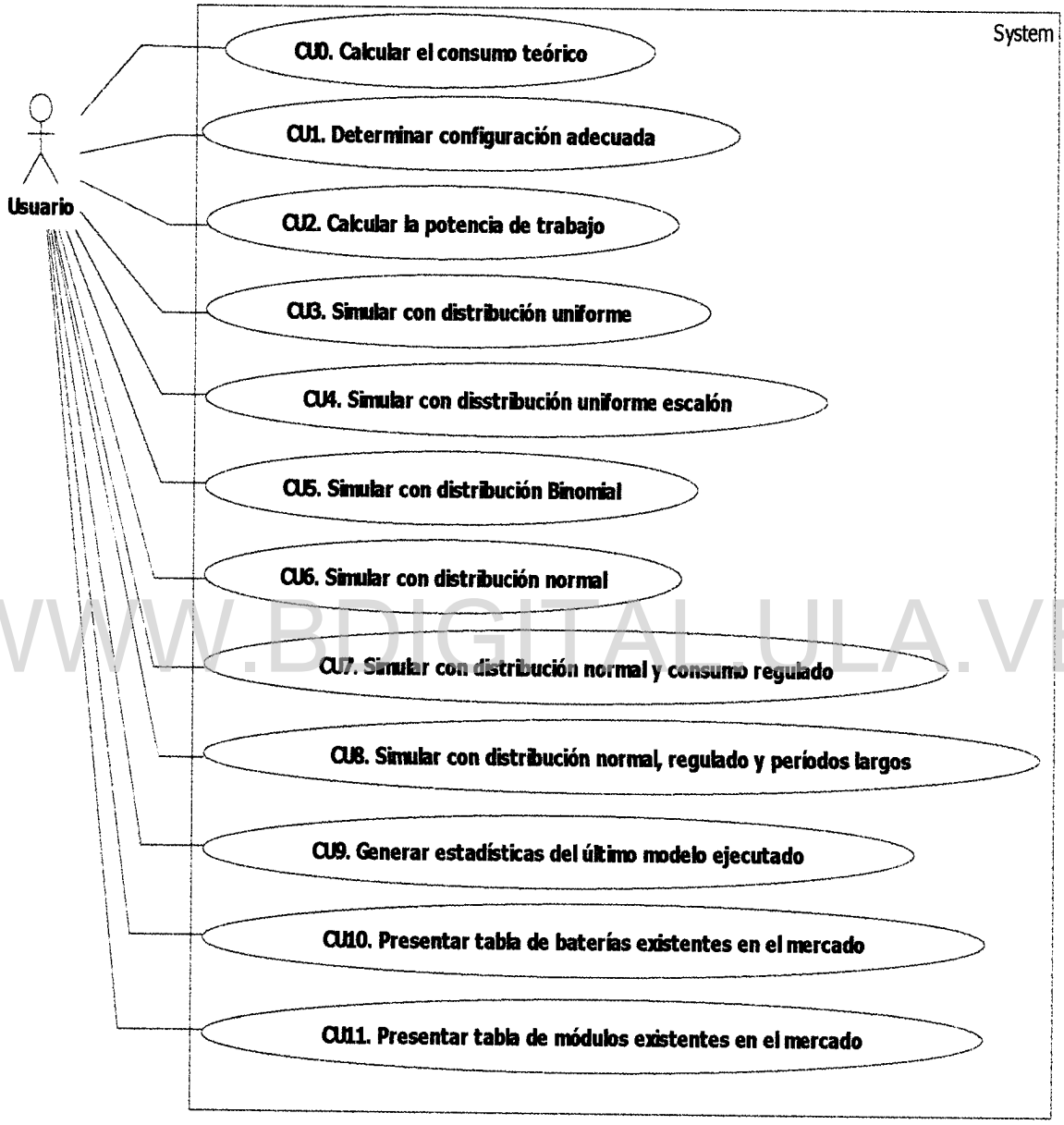
Tabla 11 CU10. y CU11. Desplegar tipos de baterías y de módulos existentes en el mercado.

3.4.5 Diagrama de casos de uso para el sistema configurador/simulador

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Un esquema representativo de los casos de uso, nos ayuda a entender de una manera más clara las tablas descritas anteriormente. En la figura 1 se muestra el diagrama de casos de uso para el actor principal (usuario general).

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura 1 Diagrama de casos de uso para el supervisor del área en la primera iteración.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 4

Diseño del sistema

Este capítulo se refiere al desarrollo del diseño arquitectónico del sistema, así como también, del diseño y aprovisionamiento de los componentes, a partir del conjunto de requerimientos funcionales y no funcionales obtenidos en el capítulo anterior. Se describen puntos como las metas del diseño, relación de los requisitos obtenidos en fases anteriores con la arquitectura del sistema, identificación de subsistemas, descripción de las vistas arquitectónicas, diseño navegacional del sistema y diseño de la interfaz de usuario/sistema, los cuales facilitarán la implementación del sistema.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

4.1 Primera iteración

4.1.1 Definición de las metas de diseño

El diseño arquitectónico se basa en una arquitectura de software de tres capas. La primera capa es la capa de presentación, en esta se implementa la interfaz usuario/sistema, la segunda capa es la capa de lógica que contiene el simulador y otras aplicaciones, por último, se encuentra la capa de datos que contiene las tablas necesarias para el ejecución del simulador e información de productos existentes en el mercado.

Para obtener una mayor eficiencia en el diseño del sistema se procederá a determinar cuales de los requisitos obtenidos en el capítulo de modelado y análisis de requerimientos están relacionados con la arquitectura.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.1.1.1 Requisitos relacionados con la capa de presentación

Los requisitos relacionados con esta capa son aquellos que definen la interacción del sistema con los usuarios, la captura de los datos y el diálogo a los usuarios. De la lista de requisitos expuesta en el capítulo anterior se determina que los requisitos relacionados con esta capa son aquellos que hacen referencia a que datos se deben mostrar en los reportes y como deben ser presentados, los medios utilizados para filtrar información de los reportes y que datos debe capturar el sistema cada vez que el usuario desee insertar en el sistema alguna información. Estos requisitos son:

Para determinar la configuración adecuada

Requisitos de entrada:

- Consumo energético teórico (en vatios hora por día Wh/día).
- Coeficiente de perdidas del acumulador (dependiendo del tipo de acumulador estos coeficientes pueden ser 0.05 o 0.10).
- Coeficiente de perdidas del convertidor (dependiendo del tipo de convertidor estos coeficientes pueden ser 0.05 o 0.10).
- Coeficiente de pérdidas varias (pueden variar entre 0.05 y 0.15).
- Coeficiente de autodescarga del banco de baterías (dependiendo del tipo de baterías estos pueden ser 0.002 o 0.005 o 0.012).
- Número de días consecutivos en los cuales la radiación baja considerablemente (en donde el consumo depende en su mayor parte de la energía contenida en la batería y puede variar entre 4 y 10 días).
- Profundidad de descarga de la batería (aunque son baterías especiales para sistemas fotovoltaicos, una gran descarga de energía podría dañarlas; esta descarga no debería exceder el 80% de la capacidad máxima de la batería).
- Tensión nominal del acumulador (se consideran solo baterías de 12 y 24 voltios).
- Potencia pico del panel (vatios generados por el panel en las mejores condiciones ambientales y de uso; este parámetro es dado por el fabricante y también llamada potencia típica).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Radiación diaria media del mes en el que hay menos radiación (en kilovatios hora por metro cuadrado por día). [17]

Requisitos de salida:

- Consumo energético real (las perdidas de energía del sistema hacen que el consumo teórico se incremente en vatios hora).
- Capacidad estimada del banco de baterías (en amperios hora).
- Número de paneles solares necesarios.
- Relación entre energía disponible y la energía consumida (ayudan a determinar la eficiencia del sistema).

Para determinar la potencia de trabajo

Requisitos de entrada:

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

- Temperatura máxima en el mes más caluroso (en grados centígrados).
- Radiación solar (que varía entre 80 y 100 mili vatios por centímetro cuadrado).
- Coeficiente de influencia de los vientos (que varía entre 0.2 y 0.4 °C .centímetros cuadrados/mili vatios).
- Potencia pico del panel (vatios generados por el panel en las mejores condiciones ambientales y de uso; este parámetro es dado por el fabricante).
- Coeficiente de degradación (explicado en el apartado 2.9.5, que varía entre 0.4 y 0.6%/°C).

Requisitos de salida:

- Temperatura de trabajo.
- Incremento de la temperatura sobro los 25°C.
- Potencia de trabajo (vatios reales generados).

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Para ejecutar el simulador

Requisitos de entrada:

- Voltaje nominal del banco de baterías (en voltios).
- Capacidad nominal del banco de baterías (en amperios).
- Carga mínima permitida en el banco de baterías (en amperios).
- Potencia pico del panel (vatios generados por el panel en las mejores condiciones ambientales y de uso; este parámetro es dado por el fabricante).
- Superficie del panel (metros cuadrados)
- Número de paneles usados.
- Irradiancia (kilovatios hora/ (metros cuadrados * día)). [17]
- Tiempo de simulación (horas).
- Temperatura mínima promedio del mes (°C).
- Temperatura máxima promedio del mes (°C).
- Consumo real diario (vatios hora/día).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Requisitos de salida:

- Tablas estadísticas.
- Gráficas de comportamientos.

4.1.1.2 Requisitos relacionados con la capa de lógica

Son las funciones que requiere el modelo para su ejecución, además de aquellos que manejan los datos. Estos componentes funcionales son los que se encuentran en el apartado **3.1.8** del capítulo anterior.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.1.1.3 Requisitos relacionados con la capa de datos

Se encuentran aquellos requisitos que estén relacionados con el almacenado y administración de los datos necesarios para la ejecución del modelo.

El usuario necesita disponer de una tabla de datos que contenga información de módulos fotovoltaicos y baterías para sistemas fotovoltaicos; esto permite implementar configuraciones adecuadas apegadas a los productos existentes en el mercado.

La tabla de baterías debe contener: tipo de baterías, voltaje de las baterías en voltios, capacidad en amperios y profundidad de descarga.

La tabla de módulos debe contener: modelo, corriente en corto circuito, voltaje en circuito abierto, número de células fotovoltaicas, corriente en máxima potencia, voltaje en máxima potencia, tipo de módulo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

4.1.2 Identificación de los subsistemas

El apartado **3.1.8** de la sección anterior, sirve de base para el desarrollo de la presente sección.

El sistema configurador/simulador planteado se puede dividir en dos subsistemas para facilitar la compresión del mismo y tener una mayor eficiencia a la hora de implementarlo, estos subsistemas son:

1. Sistema generador de configuración adecuada.
2. Potencia de trabajo.
3. Sistema simulador (configuración adecuada a lo largo del tiempo, generación de los resultados).

Los subsistemas considerados en el sistema simulador son:

- Generador de radiación uniforme.
- Paneles fotovoltaicos.
- Controlador de carga.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Banco de baterías.
- Bombillos, televisor, nevera, lavadora, etc.

Los subsistemas mencionados anteriormente, forman parte de la red que genera los resultados del simulador.

4.1.3 Diagrama de despliegue

En la figura 1 se presenta un diagrama que facilita el entendimiento de la estructura funcional del sistema web. El programa GLIDER llamado **simulador uniforme** realiza la primera aproximación del modelo al comportamiento de los sistemas fotovoltaicos. La radiación solar se distribuye uniformemente a lo largo del día.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

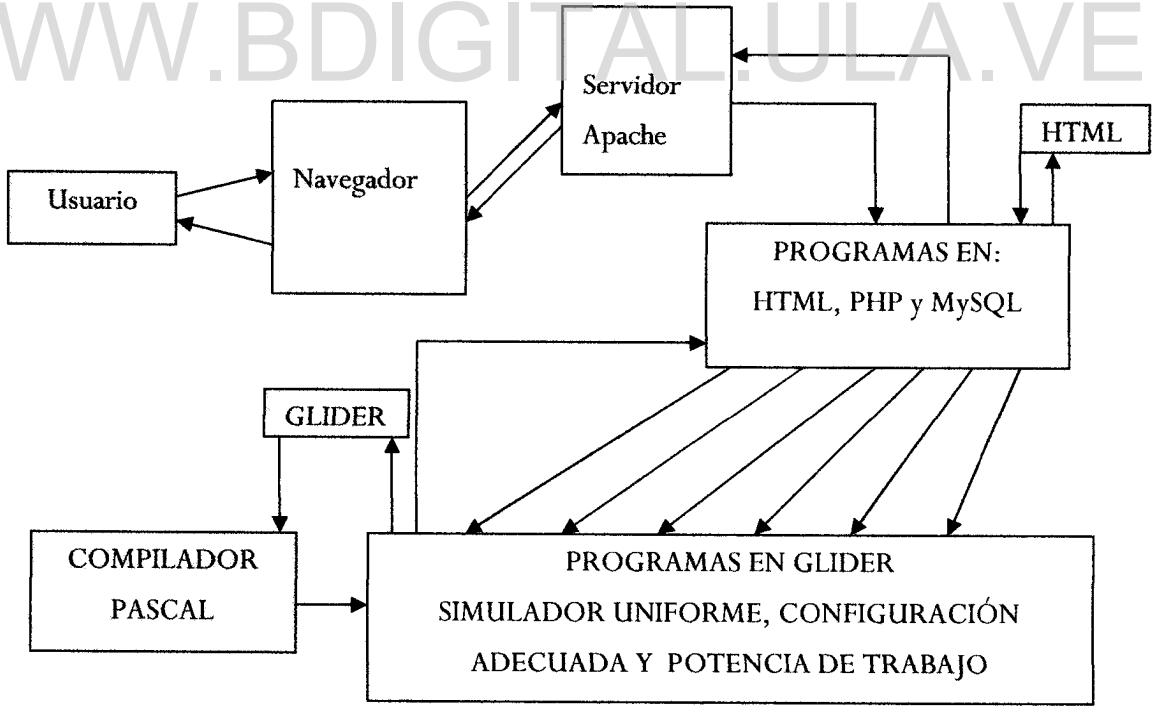


Figura 2 Representación inicial del diagrama de despliegue.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Los cuadros de color azul, muestran los programas, paquetes o lenguajes que sirven para ejecutar nuestros programas; los cuadros con el fondo blanco muestran los programas que desarrollamos e implementamos.

4.1.4 Ubicación del software en la máquina

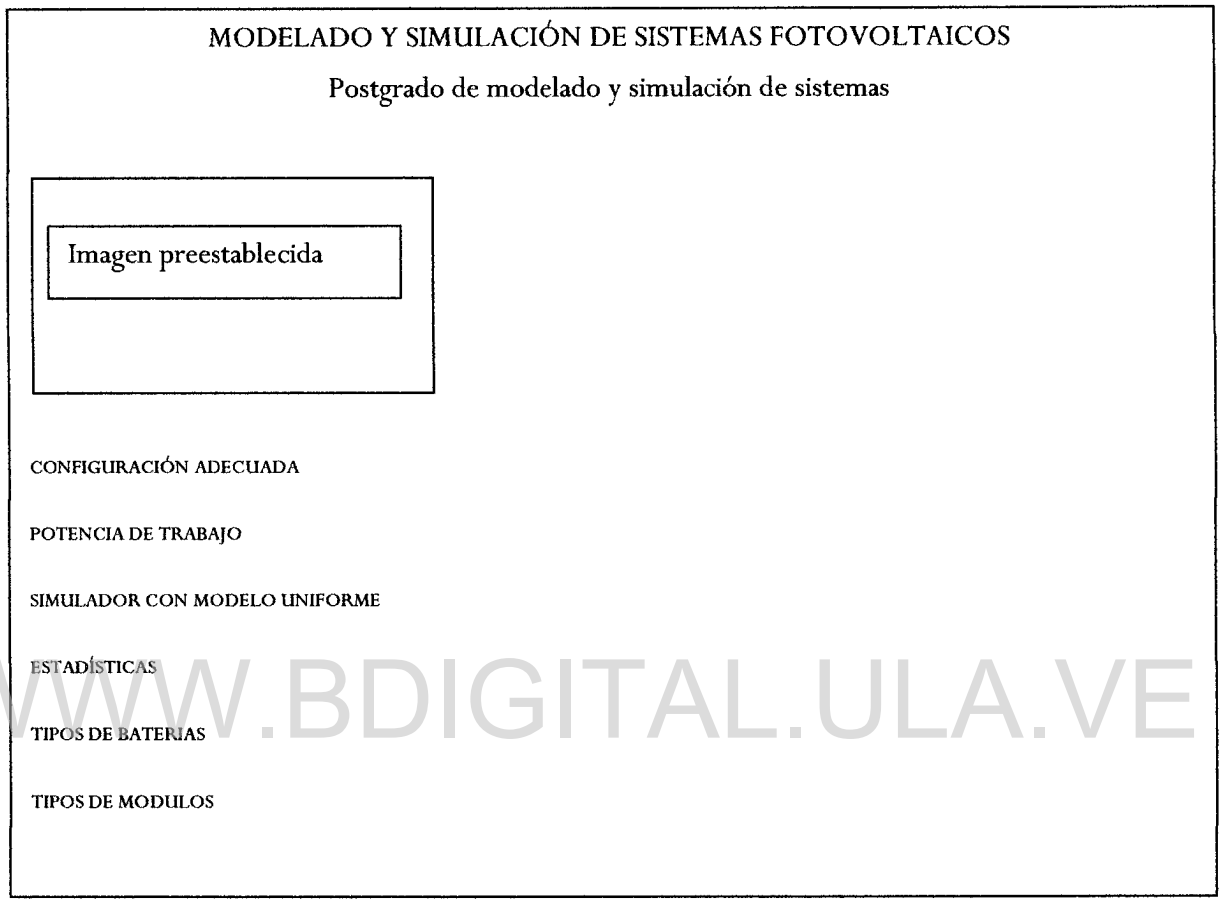
- Capa 0: hardware.
- Capa 1: lenguaje de máquina.
- Capa 2: sistema operativo.
- Capa 3: PASCAL, GLIDER.
- Capa 4: PHP, HTML, servidor APACHE, navegadores.

4.1.5 Diseño de la interfaz Web del sistema

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

En la figura 2 se muestra la estructura inicial de la página web. Si seleccionamos la opción configuración adecuada, el programa determinará el número de paneles y la capacidad del banco de baterías; Si se selecciona potencia de trabajo, el sistema determinará la potencia real del sistema en función de la temperatura más alta posible; Eligiendo simulador con modelo uniforme, el sistema muestra el comportamiento de la configuración adecuada a lo largo del tiempo. La opción Estadísticas, presenta los resultados generados por GLIDER; Las opciones tipos de baterías y tipos de módulos presentan por pantalla las características de los diferentes tipos de baterías y módulo existentes en el mercado.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



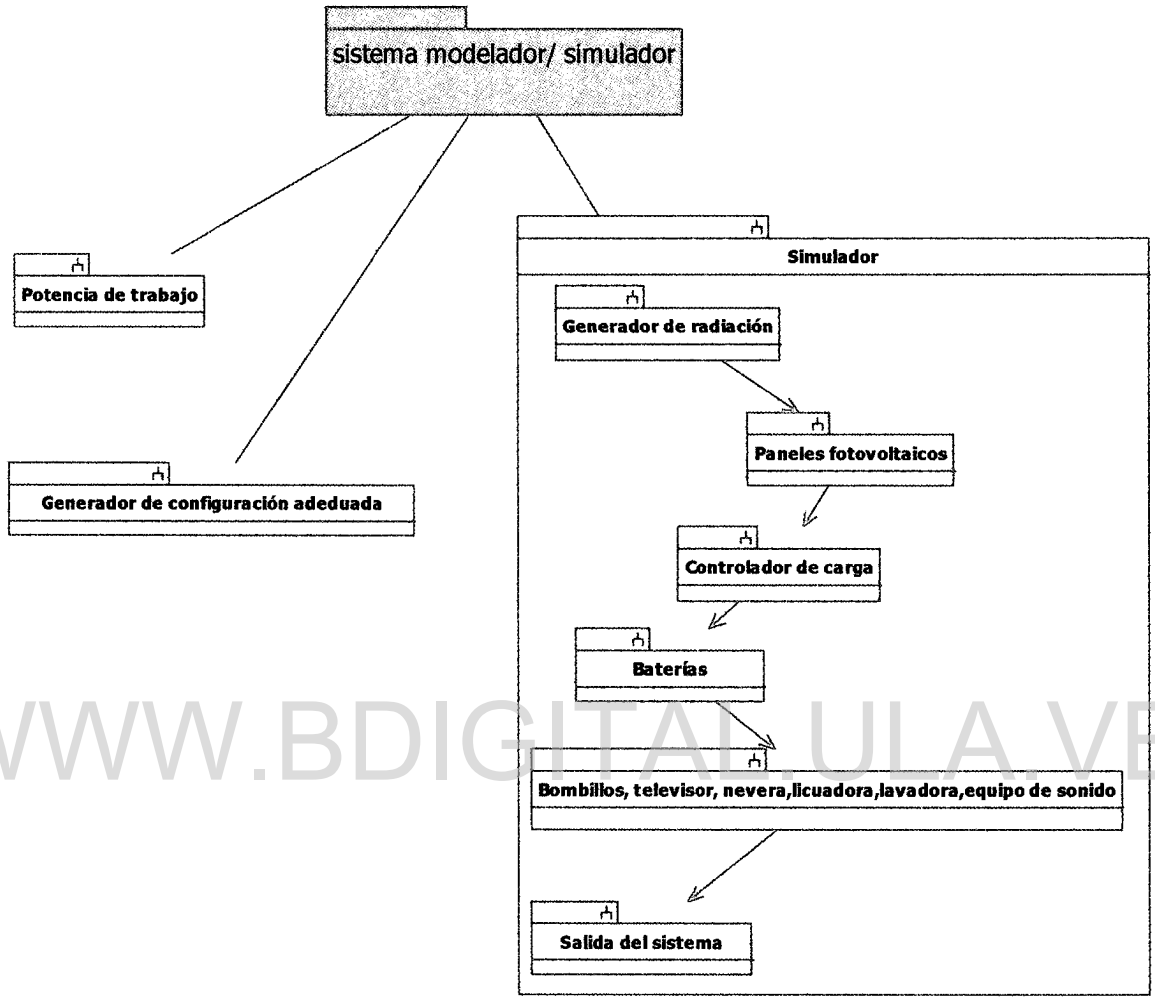
WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura 3 Prototipo inicial de página Web.

4.1.6 Visión del sistema configurador/simulador

En la figura 4 se muestran los subsistemas que van a conformar el sistema configurador/simulador. En el subsistema simulador, se muestra la secuencia que van a seguir las unidades energéticas a partir de su generación dentro del nodo o subsistema generador de radiación.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura 4 Estructura inicial del sistema configurador/simulador.

4.2 Segunda iteración

4.2.1 Identificación de los subsistemas

Los subsistemas considerados en el sistema simulador en esta fase del desarrollo son:

- Generador de radiación uniforme.
- Generador de radiación (uniforme) intensa.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Paneles fotovoltaicos.
- Controlador de carga.
- Banco de baterías.
- Bombillos, televisor, nevera, lavadora, etc.

Los subsistemas mencionados anteriormente, forman parte de la red que genera los resultados del simulador. [13]

4.2.2 Diagrama de despliegue

El módulo incorporado en esta fase del desarrollo, llamado simulador uniforme escalón, incorpora una mejor representación de la generación de la radiación solar concentrándola en horas del medio día

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

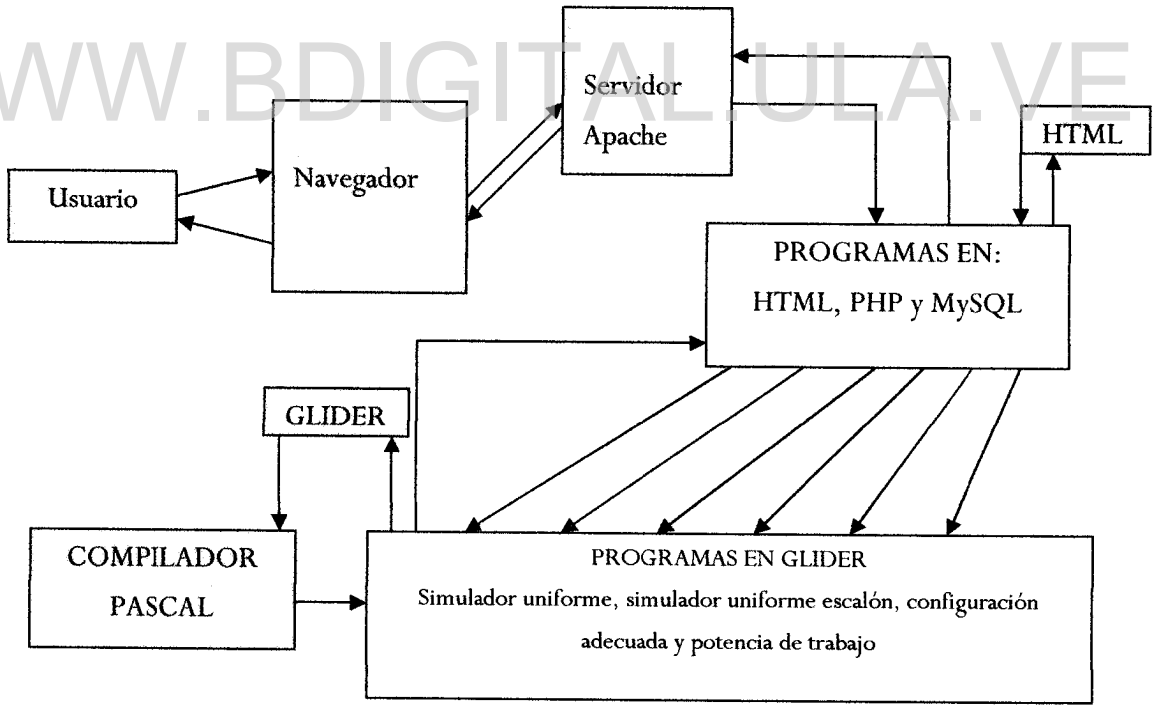


Figura 5 Representación modificada del diagrama de despliegue (1ª modificación).

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En el diagrama de la figura 4, los cuadros de color azul, muestran los programas, paquetes o lenguajes que sirven para ejecutar nuestro(s) programa(s). Los cuadros con el fondo blanco muestran los programas que desarrollamos e implementamos.

4.2.3 Diseño de la interfaz Web del sistema

El usuario interactuará con el sistema a través de una pantalla semejante a la representada en la figura 5.

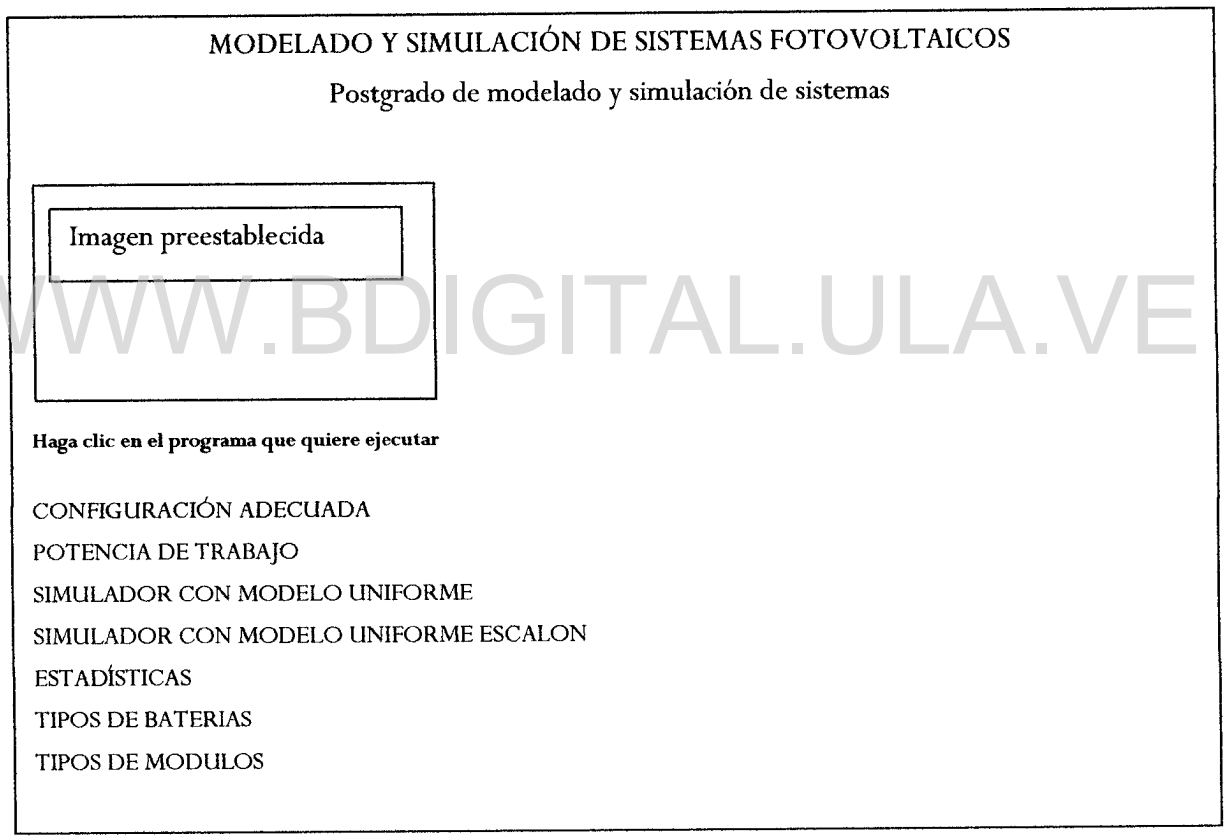


Figura 6 Prototipo modificado de la página Web (1ª modificación).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.2.4 Visión del sistema configurador/simulador

En la figura 7 se exponen los subsistemas que van a conformar el sistema configurador/simulador, pero con un subsistema o nodo agregado en el simulador.

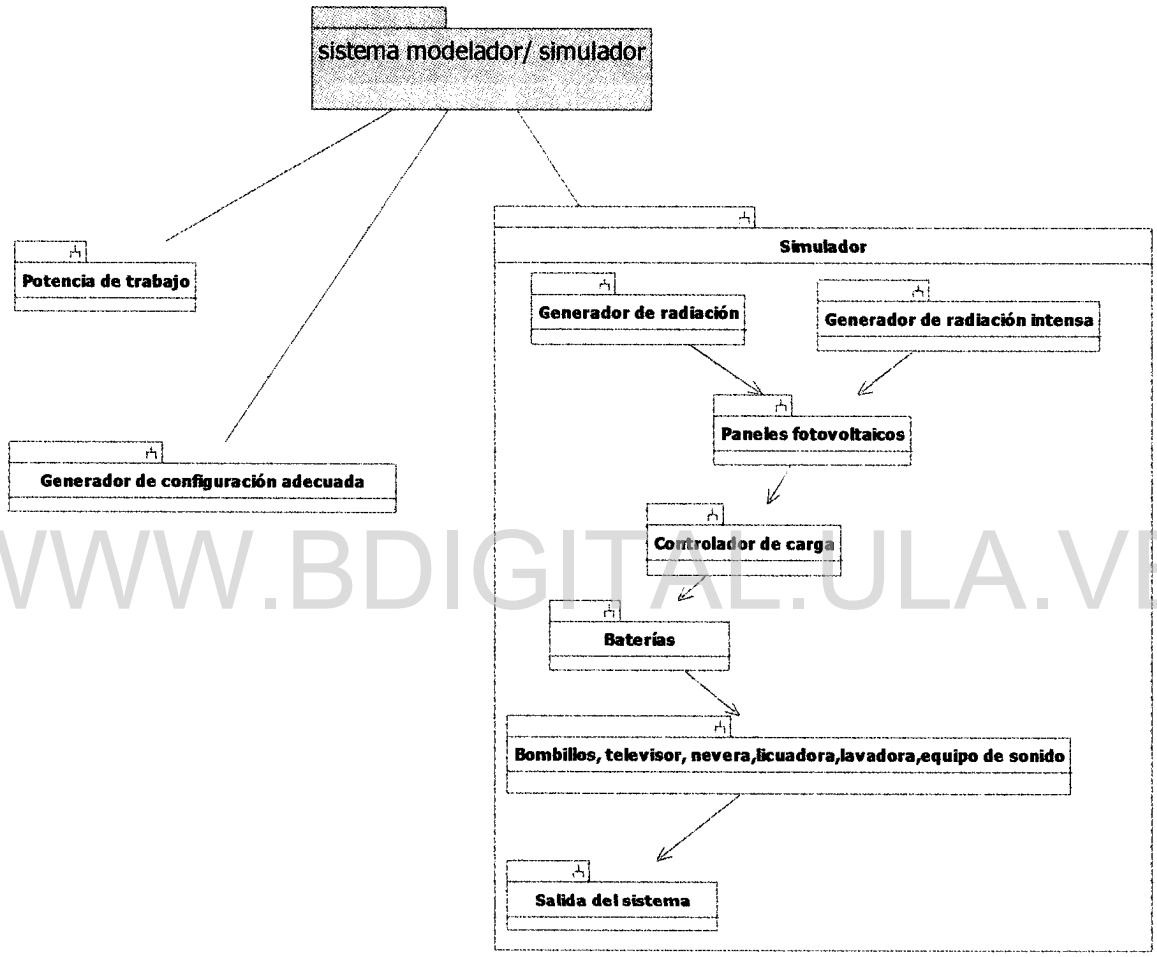


Figura 7 Estructura parcial del sistema configurador/simulador (generador uniforme escalón).

4.3 Tercera iteración

4.3.1 Identificación de los subsistemas

Los subsistemas considerados en el sistema simulador son:

- Generador de radiación con distribución Binomial.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Paneles fotovoltaicos.
- Controlador de carga.
- Banco de baterías.
- Bombillos, televisor, nevera, lavadora, etc.
- Perdidas por baterías llenas.

Los subsistemas mencionados anteriormente, forman parte de la red que genera los resultados del (de los) simulador(es).

4.3.2 Diagrama de despliegue

El módulo incorporado en esta fase del desarrollo, llamado simulador binomial, agrega una mejor estructura de generación de la radiación solar, distribuyéndola binomialmente a lo largo del día.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

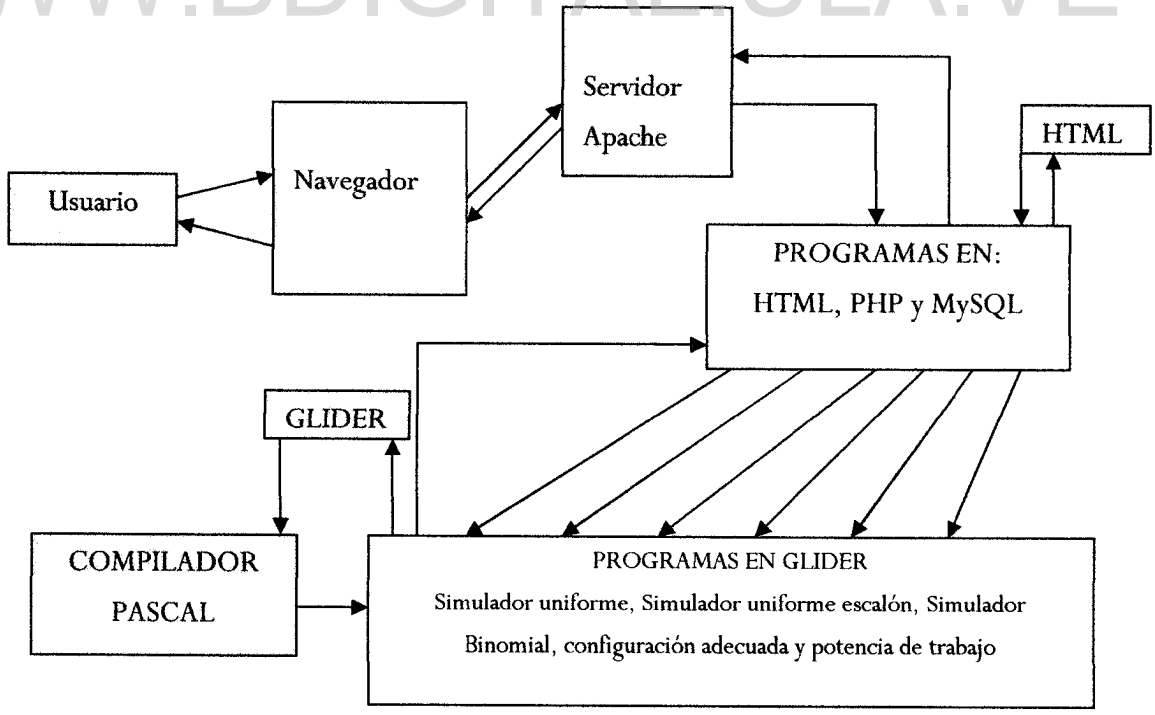


Figura 8 Representación modificada del diagrama de despliegue (2ª modificación).

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.3.3 Diseño de la interfaz Web del sistema

Para aquellos navegadores que soportan el uso de marcos (frames), se presenta en la figura 8 un prototipo de la página web. Es importante destacar que los marcos son muy útiles cuando se pretenden desvincular los espacios dentro de la misma página.

Figura 9 Prototipo modificado de la página Web (2ª modificación).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.3.4 Diseño de la interfaz Web del sistema (alterna)

Para los navegadores que no soportan el uso de marcos (Frames), el sistema web nos proporciona un cuadro de diálogo alterno, que evita la posibilidad de presentar errores al momento de ser llamado por los referidos navegadores. En la figura 9, muestra un arquetipo de la página alterna.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Postgrado de modelado y simulación de sistemas

Imagen preestablecida

Haga clic en el programa que quiere ejecutar

CONFIGURACIÓN ADECUADA

POTENCIA DE TRABAJO

SIMULADOR CON MODELO UNIFORME

SIMULADOR CON MODELO UNIFORME ESCALON

SIMULADOR CON MODELO BINOMIAL

ESTADÍSTICAS

TIPOS DE BATERIAS

TIPOS DE MODULOS

Figura 10 Prototipo de la página Web alterna.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.3.5 Visión del sistema configurador/simulador

La figura 11 es representativa de una sección del sistema configurador/simulador, que contiene un nuevo subsistema o nodo que es incorporado al simulador, este nuevo nodo es el generador de radiación a partir de una distribución Binomial.

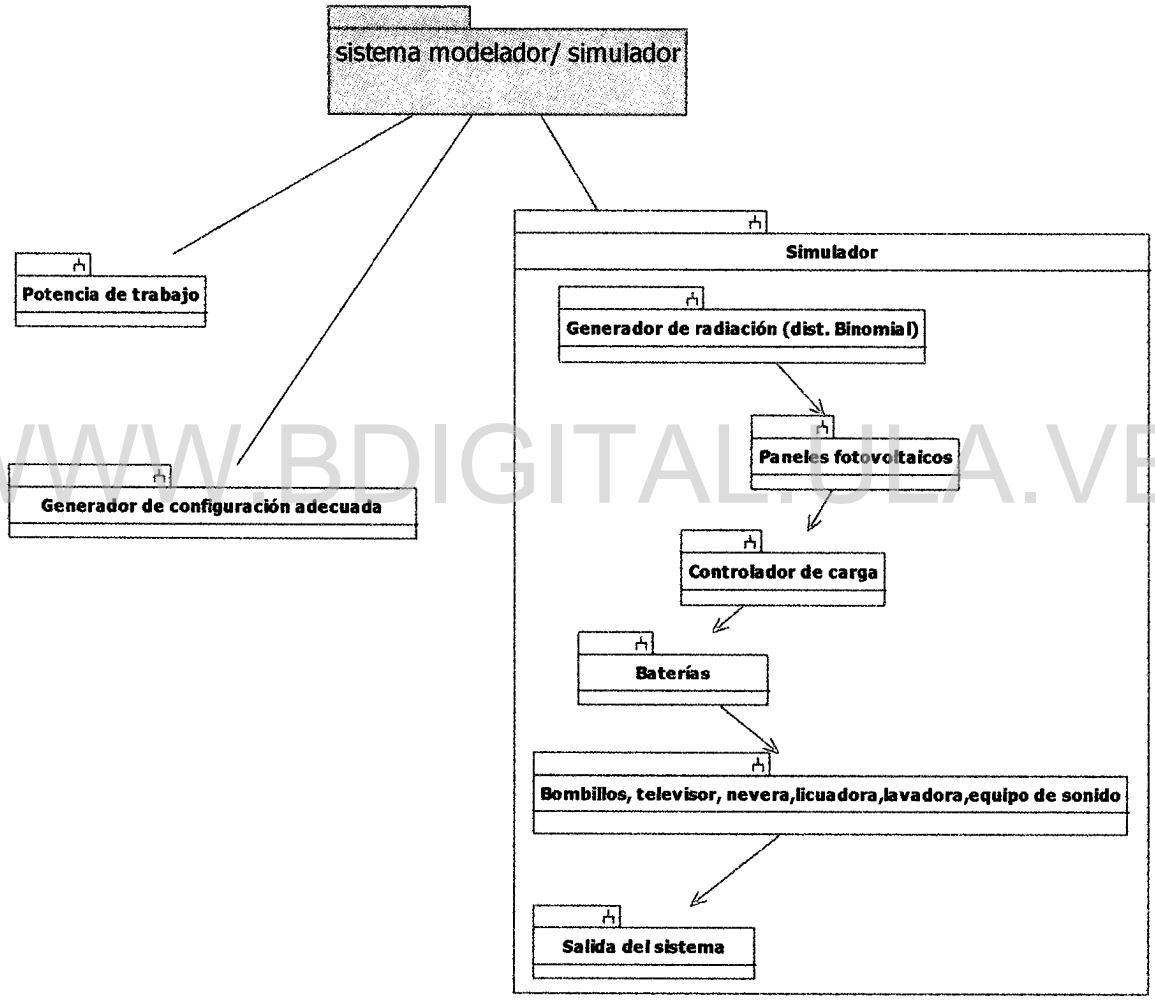


Figura 11 Estructura parcial del sistema configurador/simulador (generador Binomial).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.4 Cuarta iteración

Esta es la última iteración del desarrollo de la arquitectura del sistema. En esta fase se concretan definitivamente los componentes del sistema en estudio.

4.4.1 Definición de las metas de diseño

4.4.1.1 Requisitos relacionados con la capa de datos

- Se consideran los requisitos que estén relacionados con el almacenado y administración de los datos necesarios para la ejecución del modelo. Tablas de almacenamiento de radiación y temperatura, y por otra parte, tablas de almacenamiento de productos existentes en el mercado.
- Los datos de radiación y de temperatura contenidos en la tabla antes mencionada, deben usar las misma unidades de medición que las requeridas por el simulador, de esta manera no serán necesarias transformaciones previas a su uso.
- Las unidades usadas para la radiación son kilovatios hora por metro cuadrado por día (kwh/m^2.día) y la temperatura en grados centígrados (°C).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

4.4.2 Identificación de los subsistemas

Los subsistemas considerados en el sistema simulador, en esta fase, son:

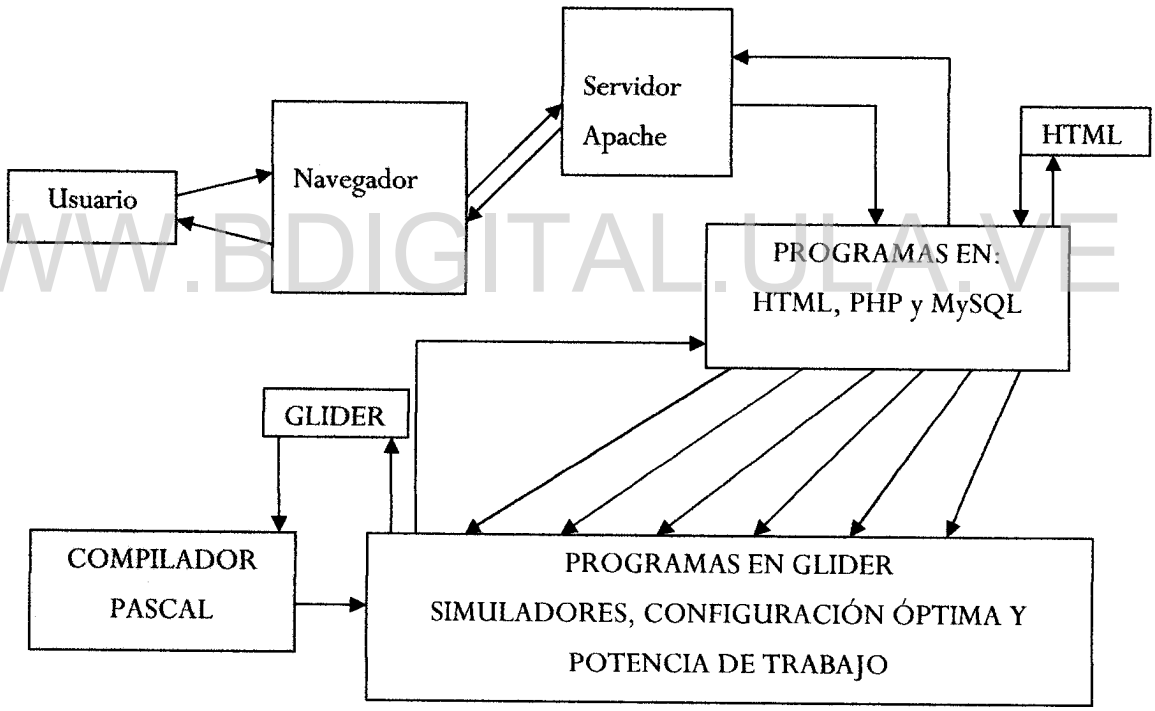
- Generador de radiación.
- Paneles fotovoltaicos.
- Controlador de carga.
- Banco de baterías.
- Inversor.
- Elementos de consumo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Los subsistemas mencionados anteriormente, forman parte de la red que genera los resultados del (de los) simulador(es).

4.4.3 Diagrama de despliegue

El módulo agregado en esta fase del desarrollo, llamado simulador normal, representa de mejor forma la generación de la radiación solar, distribuyéndola normalmente a lo largo del día.

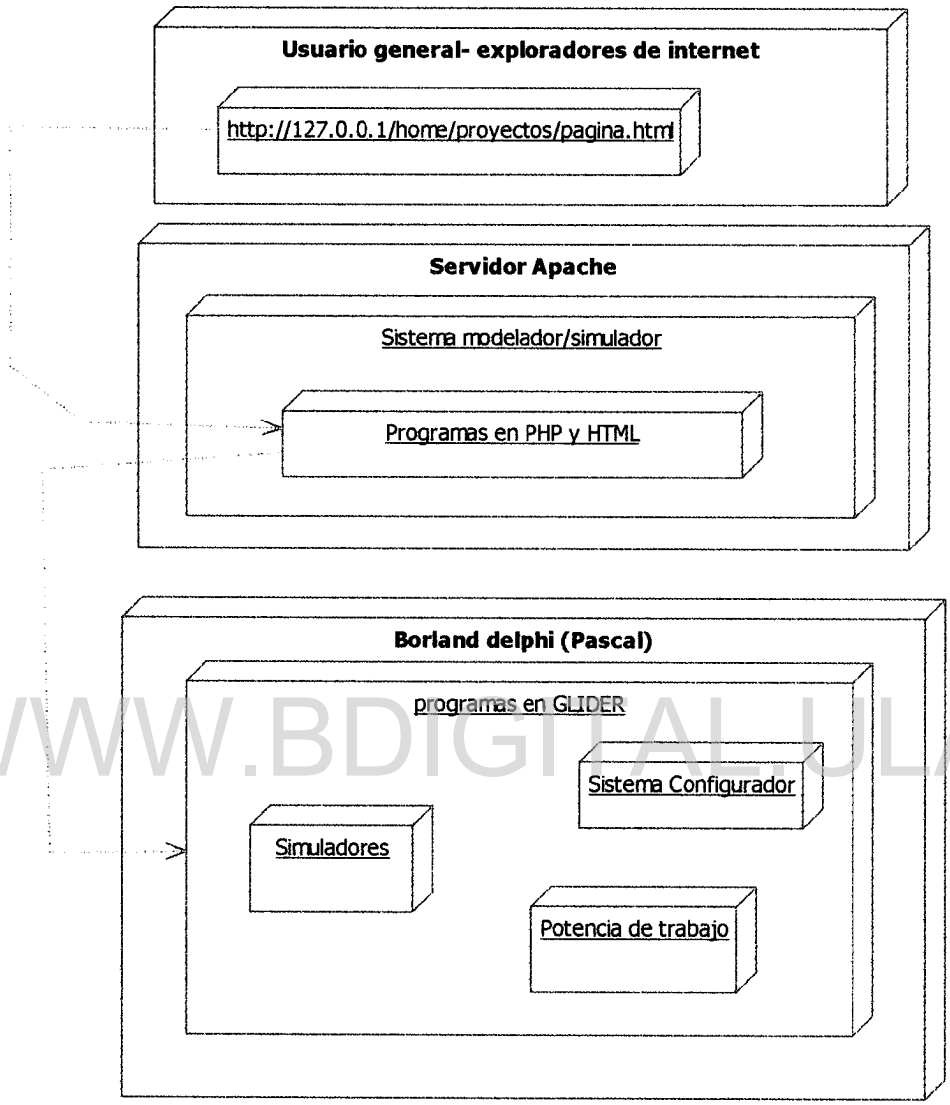


WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura 12 Representación modificada del diagrama de despliegue (3ª modificación).

El figura 12.1 se muestra un diagrama que representa las plataformas las cuales sirvieron de base para el desarrollo del sistema modelador/simulador (exploradores de Internet, servidor Apache y Borland Delphi (pascal)). A través de exploradores de Internet se accede a programas de HTML y PHP los cuales interactúan con programas del paquete de simulación GLIDER.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura 12.1 Diagrama de despliegue (UML).

4.4.4 Diseño de la interfaz Web del sistema

El usuario interactúa con el sistema a través de una ventana semejante a la presentada en la figura 12. El módulo que se ejecuta, muestra sus resultados en la hoja de trabajo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Postgrado de modelado y simulación de sistemas

Imagen preestablecida

Haga clic en el programa que quiere ejecutar

CONFIGURACIÓN ADECUADA

POTENCIA DE TRABAJO

SIMULADOR CON MODELO UNIFORME

SIMULADOR CON MODELO UNIFORME ESCALON

SIMULADOR CON MODELO BINOMIAL

SIMULADOR CON MODELO NORMAL

SIM. CON MODELO NORMAL CONSUMO REGULADO

SIMULADOR CON MODELO NORMAL CONSUMO REGULADO Y PERÍODOS LARGOS

ESTADÍSTICAS

TIPOS DE BATERIAS

TIPOS DE MODULOS

Hoja de trabajo

Figura 13 Prototipo definitivo de la página Web (3ª modificación).

4.4.5 Diseño de la interfaz Web del sistema (alterna)

Si el navegador no soporta el uso de frames, el usuario podrá interactúa con el sistema a través de una ventana semejante a la presentada en la figura 13.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Postgrado de modelado y simulación de sistemas

Imagen preestablecida

Haga clic en el programa que quiere ejecutar

CONFIGURACIÓN ADECUADA

POTENCIA DE TRABAJO

SIMULADOR CON MODELO UNIFORME

SIMULADOR CON MODELO UNIFORME ESCALON

SIMULADOR CON MODELO BINOMIAL

SIMULADOR CON MODELO NORMAL

SIMULADOR CON MODELO NORMAL CONSUMO REGULADO

SIMULADOR CON MODELO NORMAL CONSUMO REGULADO Y PERÍODOS LARGOS

ESTADÍSTICAS

TIPOS DE BATERIAS

TIPOS DE MODULOS

Figura 14 Prototipo definitivo de la página Web alterna (3ª modificación).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.4.6 Visión del sistema configurador/simulador

En la figura 15 se muestra la estructura **genérica** del sistema configurador/simulador (**genérica** debido a que el generador de la radiación se puede evaluar a través de cualquiera de los subsistemas: uniforme, uniforme escalón, binomial o normal, según el criterio que tenga el usuario a la hora de simular la configuración adecuada).

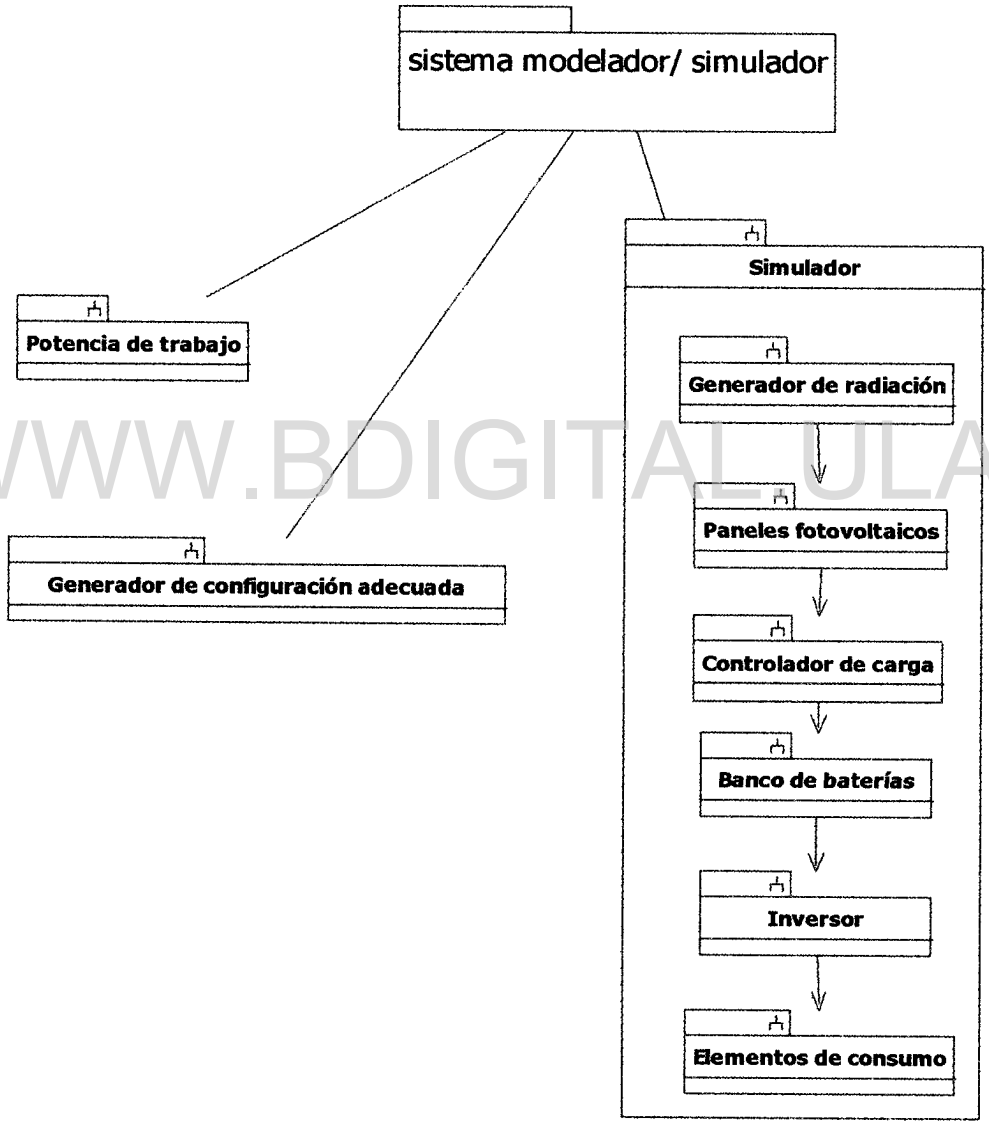


Figura 15 Estructura parcial genérica del sistema configurador/simulador.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 5

Implementación del sistema

Este capítulo comprende la implementación del diseño de las tres capas de la arquitectura de software del sistema Web, elaborado en los capítulos anteriores. El principal producto de este capítulo es la integración de los componentes de la capa de presentación, los componentes de la capa de lógica de negocios y los componentes de la capa de datos. Por otra parte, se realiza una explicación del los programas desarrollados.

5.1 Cuarta iteración

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

En este capítulo hemos decidido presentar directamente la cuarta iteración omitiendo las iteraciones previas; sin embargo, se han realizado todas las fases anteriores en cada uno de sus correspondientes momentos y tratamos de que la cuarta iteración sea contentiva, no solo de la misma, sino de todas las anteriores.

En esta iteración como en las anteriores, se implementaron los programas apegados a los diseños del capítulo 4, se consideraron todas las restricciones y reglas que definen el Sistema Configurador/Simulador, se implementaron las páginas Web y se realizaron corridas piloto de cada componente así como de la totalidad arrojando los resultados esperados.

5.1.1 Diagrama de componentes del software

En la figura 15, muestran dos tipos de componentes: los componentes del lado del usuario y los componentes del servidor web

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Los componentes del lado del usuario: se refieren a las páginas HTML de la aplicación web que van a ser desplegadas en las máquinas de los usuarios, así como los programas necesarios para el despliegue de dichas páginas (en el diagrama de la figura 16, los componentes de color azul son paquetes necesarios para la ejecución de los programas HTML, ya implementados en la máquina del cliente y los de color lila: las páginas que se van a desplegar en la máquina del usuario).
- Los componentes del servidor web, estos son ejecutados en el lado del servidor web, el cual envía las respuestas y datos solicitadas por las páginas (en el diagrama de la figura 16, los componentes de color amarillo implementan las funciones que requieren los usuarios y automatizan los flujos de trabajo, los de color rojo y gris son aquellos componentes ya implementados que ayudan a la ejecución de procesos solicitados y permiten el manejo de datos).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

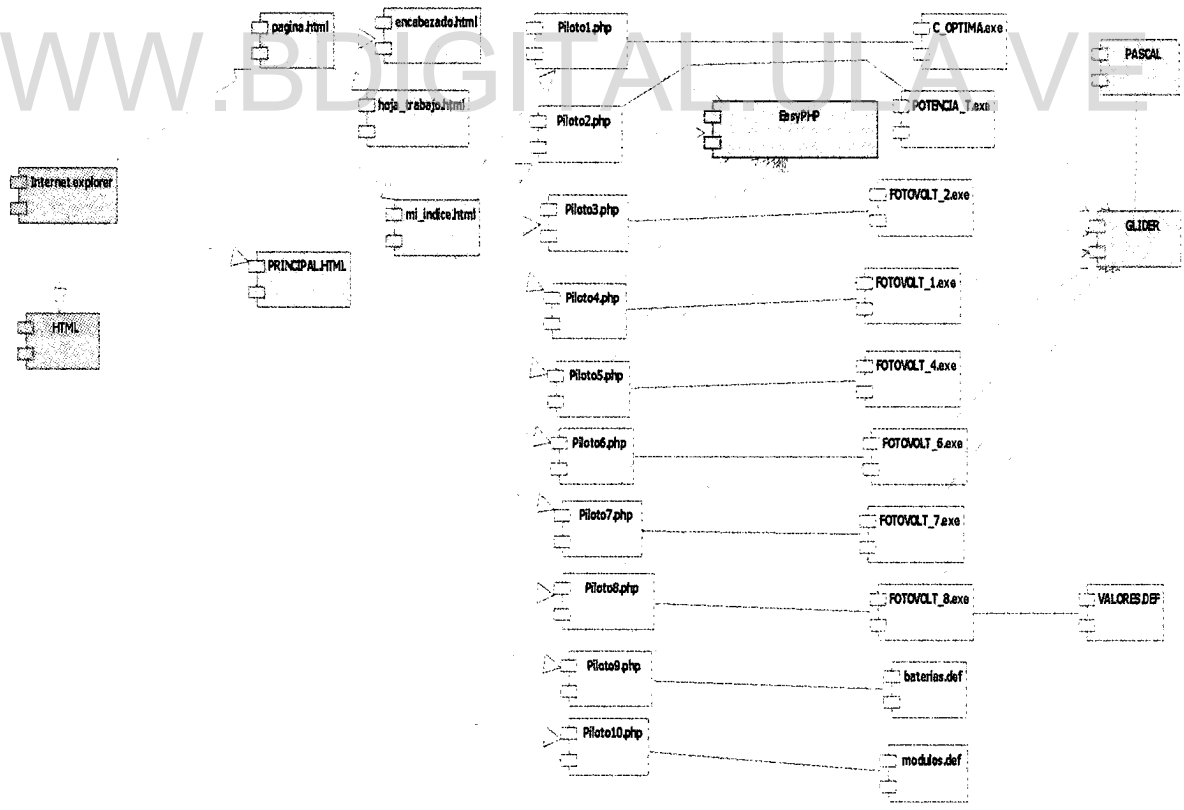


Figura 16 Estructura de los componentes del software.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5.1.2 Estructura del programa

La estructura jerárquica presentada en la figura 17 ayuda a comprender mejor la organización sistema.

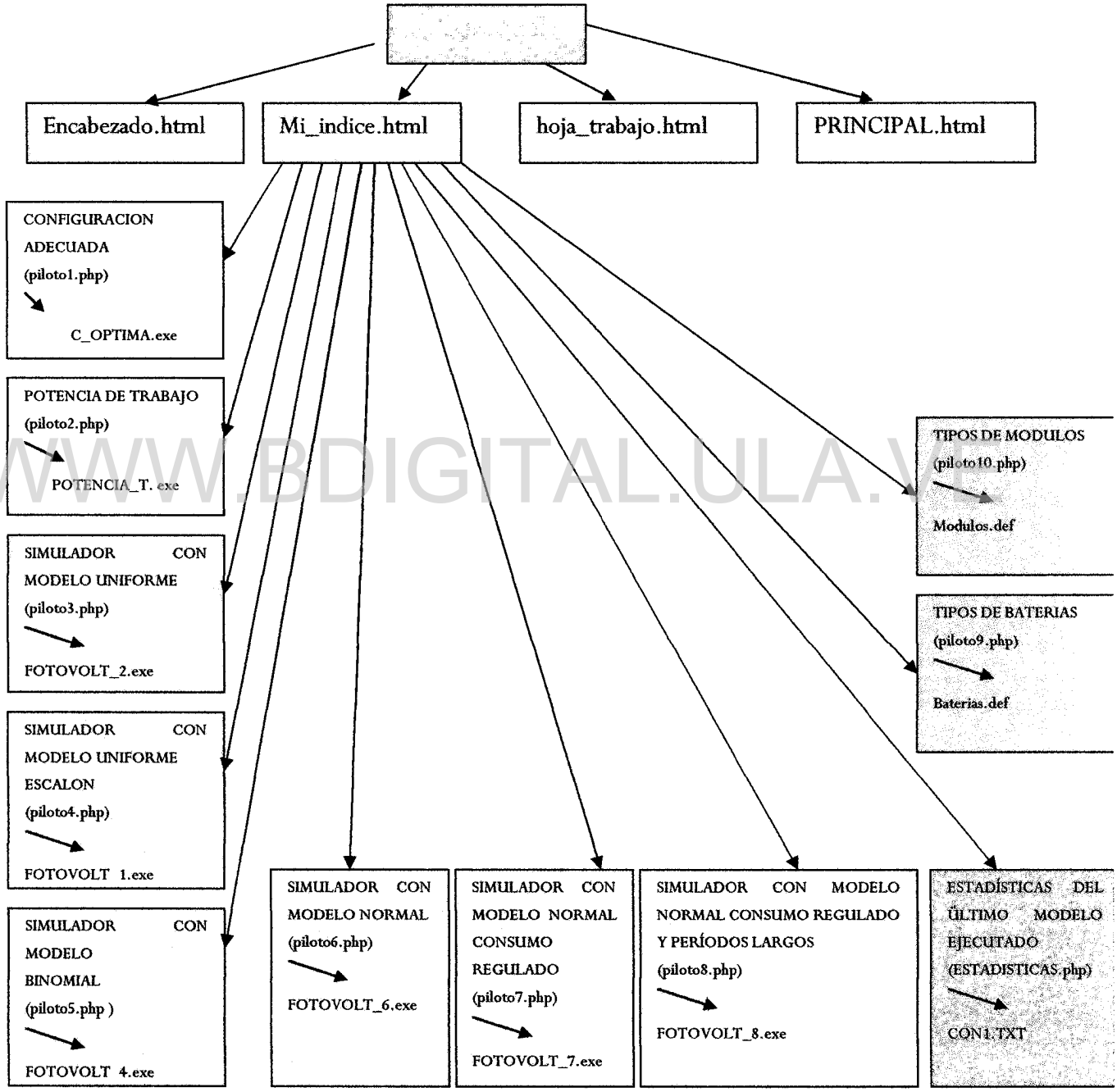


Figura 17 Distribución interna del programa.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En Estructura del programa, los cuadros de color **azul**, muestran los programas desarrollados en HTML; los cuadros de color **amarillo**, muestran los programas desarrollados en GLIDER más no son simuladores; los cuadros de color **marrón**, muestran los simuladores desarrollados en GLIDER; los cuadros de color **verde oscuro**, muestran los resultados obtenidos a través de GLIDER; los cuadros de color **verde claro**, muestran los productos existentes en el mercado y se manejan a través de PHP.

5.1.3 Explicación de los programas

5.1.3.1 Página principal

El código que se muestra en el anexo **B-1** (llamado **pagina.HTML**), al ser llamado por el usuario a través del navegador, muestra una pantalla semejante a la diseñada en la sección **4.5** del capítulo anterior. Se desarrolló en lenguaje HTML al que se hace referencia en el capítulo 2.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

5.1.3.2 Encabezado de la página

El código que se muestra en el anexo **B-2** (llamado **encabezado.HTML**), se encuentra enlazado con la página generada por el programa **B-1** formando el encabezado de la página con sus respectivos colores; al ejecutarse muestra la ventana superior de la página principal.

5.1.3.3 Índice de programas disponible en la página

El código que se muestra en el anexo **B-3** (Ventana contentiva del índice de programas que se pueden ejecutar, llamada **mi_indice.HTML**), se encuentra enlazado con la página generada por el programa **B-1** y realiza el llamado del programa que el usuario desea ejecutar; muestra la ventana inferior izquierda de la página principal.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5.1.3.4 Hoja de trabajo

El código que se muestra en el anexo **B-4** (llamado: **hoja_trabajo.HTML**), se encuentra enlazado con la página generada por el programa **B-1.** Ventana en donde se introducirá la información necesaria y se colocarán los resultados obtenidos luego de la ejecución de algún programa del índice; muestra la ventana inferior derecha de la página principal.

5.1.3.5 Página alterna

El código que se muestra en el anexo **B-5** (llamado: **principal.HTML.**), activa una página que contiene el índice de los programas que se pueden ejecutar. Hay que prever el caso en que los navegadores no soportan o desconocen las etiquetas FRAMESET y FRAME; en este caso, se muestra una página alterna a la página principal

5.1.3.6 Anclaje de PHP al GLIDER

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Los códigos que se muestran en los anexos **B-6 al B-13** (llamado: **piloto1.php**), ejecutan un programa GLIDER (compilado) que se encuentra en la máquina local.

5.1.3.7 Lectura de archivo texto, a través de PHP

El código que se muestra en el anexo **B-14** (llamado: **piloto9.php**), lee un archivo tipo texto que contiene los diferentes tipos de baterías existentes en el mercado y sus respectivas características.

El programa que se encuentra en el anexo **B-15**, posee las mismas funciones pero lee el archivo contentivo de los diferentes módulos existentes en el mercado y sus respectivas características.

5.1.3.8 Conversión y lectura de archivo texto, a través de PHP

El código que se muestra en el anexo **B-16** (llamado: **ESTADISTICAS.php**), convierte el archivo '$con1' que genera GLIDER en el archivo CON1.txt (identifica el archivo al que se le pretende cambiar el nombre: $file = '$con1'; se crea el archivo destino $newfile = 'con1.txt'; y se copia el archivo

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

viejo en el nuevo if (!copy($file, $newfile))), posteriormente lee dicho archivo generado y lo muestra en la hoja de trabajo o en la pantalla. Este programa se desarrolló en lenguaje PHP al que se hace referencia en el capítulo 2.

5.1.3.9 Configuración adecuada

El código que se muestra en el anexo **B-17** (llamado: **C_OPTIMA.GLD**), es un programa en GLIDER que genera una configuración adecuada, muestra un estimado del consumo real, capacidad del banco de baterías, número de paneles necesarios y relación entre energía disponible con respecto a energía consumida; esto a partir de un conjunto de parámetros solicitados al usuario del sistema, los cuales influyen en la generación de energía a partir de los sistemas FV.

5.1.3.10 Potencia de trabajo

El código que se muestra en el anexo **B-18** (llamado: **POTENCIA_T.GLD**), es un programa en GLIDER que genera la potencia de trabajo, muestra un estimado de la capacidad de generación de energía de los paneles usados, influenciados por la temperatura ambiental; aunque este procedimiento está incluido en los simuladores, es necesario que el usuario del sistema observe la influencia de la temperatura sobre los paneles fotovoltaicos. [18]

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

5.1.3.11 Programa en GLIDER: SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME (llamado: FOTOVOLT_2.GLD)

Como se expresó en la sección 3.1.4, en este modelo se considera que la radiación se genera de una manera uniforme entre las 6am y 7pm.

- En el nodo entrada: RADDIA(I) genera IRRA*1000/13 llegadas cada hora.
- En el nodo entrada: RADNOCHE(I) genera una llegadas cada 24 horas (aunque la radiación generada por la bóveda celeste en una noche no es significativo, es considerada en el modelo).
- En el nodo recurso: PANEL(R) envía WP/1000 vatios al controlador de carga, y el resto se pierden.
- En el nodo decisión: C_CARGA(D) no permite la entrada de carga si la batería está llena.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- En el nodo recurso: BATERIA(R) distribuye los vatios que llegan al controlador de carga, a los elementos de consumo y frena el suministro de energía a los elementos de consumo si la batería llega al límite mínimo de carga.
- En el nodo autónomo: CONTROL(A) desactiva la radiación en la noche.
- En el nodo autónomo: START (A) genera la carga inicial de la batería.
- En el nodo autónomo: GRA(A) grafica algunas variables del sistema configurador/simulador.
- En INIT además de la inicialización y validación de variables, se crean un conjunto de eventos que se colocarán en la lista de eventos futuros, que coordinarán la generación de radiación.

El siguiente segmento de código muestra la generación de estos eventos:

```
FOR M:=0 TO HORAS DO
  IF (M=(6+K*13+J*11)) THEN
   IF (k=J) THEN BEGIN
    K:=K+1;
    ACT(RADDIA,M);
   END ELSE BEGIN
    J:=J+1;
    ACT(CONTROL,M);
   END;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Este código activa el generador de radiación entre las 6am y las 7pm; fuera de este horario el generador de radiación RADDIA permanece inactivo.

5.1.3.12 Programa en GLIDER: SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME ESCALON (llamado: FOTOVOLT_1.GLD)

En este modelo se considera que aproximadamente el 28% de la radiación se genera de una manera uniforme entre 6am a 10am y 2pm a 7pm; pero entre las 10am y las 2pm se genera aproximadamente el 72% de la radiación total diaria.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- En el nodo entrada: RADDIA(I) genera (IRRA*0.4*1000/13) llegadas entre 6am a 10am y 2pm a 7pm.
- En el nodo entrada: RADINTENSA(I) genera (IRRA*0.6*1000/4) llegadas entre las 10am y las 2pm.
- En el nodo entrada: RADNOCHE(I) genera una llegadas cada 24 hora (esto no es significativo pero si es representativo de la radiación nocturna).
- En el nodo recurso: PANEL(R) envía WP/1000 vatios al controlador de carga, y el resto se pierden.
- En el nodo decisión: C_CARGA(D) no permite la entrada de carga si la batería está llena.
- En el nodo recurso: BATERIA(R) distribuye los vatios que llegan al controlador de carga, a los elementos de consumo y frena el suministro de energía a los elementos de consumo si la batería llega al límite mínimo de carga.
- En el nodo autónomo: CONTROL(A) desactiva la radiación en la noche.
- En el nodo autónomo: CONTROL_1(A) desactiva RADINTENSA(I) fuera del intervalo 10am a 2pm.
- En el nodo autónomo: START (A) genera la carga inicial de la batería.
- En el nodo autónomo: GRA(A) grafica algunas variables del sistema configurador/simulador.
- En INIT además de la inicialización y validación de variables, se crean un conjunto de eventos que se colocarán en la lista de eventos futuros, que coordinarán la generación de radiación.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Los siguientes segmentos de código muestran la generación de estos eventos:

```
FOR M:=0 TO HORAS DO
  IF (M=(6+K*13+J*11)) THEN
   IF (k=J) THEN BEGIN
    K:=K+1;
    ACT(RADDIA,M);
   END ELSE BEGIN
    J:=J+1;
    ACT(CONTROL,M);
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
END;
```

Este código activa el generador de radiación entre las 6am y las 7pm; fuera de este horario el generador de radiación RADDIA permanece inactivo.

```
K:=1;
FOR M:=0 TO HORAS DO BEGIN
 IF (M=(12*K)) THEN BEGIN
   K:=K+2;
   ACT(RADINTENSA,M-2);
   ACT(CONTROL_1,M+2);
 END;
```

Este código activa el generador de radiación intensa entre las 10am y las 2pm; fuera de este horario el generador de radiación RADINTENSA permanece inactivo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

5.1.3.13 Programa en GLIDER: SIMULADOR CON DISTRIBUCION BINOMIAL (llamado: FOTOVOLT_4.GLD)

En este modelo se considera que la generación de radiación se distribuye binomialmente con parámetros p=0,6 y n=20.

- El nodo autónomo: DISTRIBUCION(A), crea una proporción de la radiación total diaria, considerando los valores de la distribución binomial previamente colocados en el vector DIST[S], para posteriormente enviarlos al nodo PANEL(R).
- En el nodo recurso: PANEL(R) envía WP/1000 vatios al controlador de carga, y el resto se pierden.
- En el nodo decisión: C_CARGA(D) no permite la entrada de carga si la batería está llena.
- En el nodo recurso: BATERIA(R) distribuye los vatios que llegan al controlador de carga, a los elementos de consumo y frena el suministro de energía a los elementos de consumo si la batería llega al límite mínimo de carga.
- En el nodo autónomo: START (A) genera la carga inicial de la batería.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- En el nodo autónomo: CONTROL(A) añade el efecto de la temperatura sobre los paneles y genera un efecto aleatorio sobre la radiación.
- En el nodo autónomo: GRA(A) grafica algunas variables del sistema configurador/simulador.
- En INIT se inicializan y validación de variables, así como también se llena el vector DIST.

5.1.3.14 Programa en GLIDER: SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL (llamado: FOTOVOLT_6.GLD)

En este modelo se considera que la generación de radiación se distribuye a través de una normal con parámetros media=12 y desviación estándar=2.

- El nodo autónomo: DISTRIBUCION(A), crea una proporción de la radiación total diaria, considerando los valores de la distribución normal, para posteriormente enviarlos al nodo PANEL(R).
- Los nodos recurso: PANEL, C_CARGA, BATERÍA, START, CONTROL Y GRA mantienen las funciones descritas anteriormente.
- En INIT además de la inicialización y validación de variables, se crean un conjunto de eventos que se colocarán en la lista de eventos futuros, que coordinarán la generación de radiación.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

El siguiente segmento de código activa la generación de radiación y el control:

```
FOR Z:=0 TO TRUNC(HORAS) DO BEGIN
  ACT(CONTROL,Z);
  ACT(DISTRIBUCION,Z);
  ACT(DISTRIBUCION,Z+0.3);
  ACT(DISTRIBUCION,Z+0.6);
END;
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5.1.3.15 Programa en GLIDER: SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL Y CONSUMO REGULADO (llamado: FOTOVOLT_7.GLD)

En este modelo se considera que la generación de radiación se distribuye a través de una normal con parámetros media=12 y desviación estándar=2.

- El nodo autónomo: DISTRIBUCION(A), crea una proporción de la radiación total diaria, considerando los valores de la distribución normal, para posteriormente enviarlos al nodo PANEL(R). la variable N1 es usada para efectos de graficación.
- En el nodo recurso: PANEL(R) envía PT/1000 vatios al controlador de carga, y el resto se pierden. La variable PT representa la potencia de trabajo y es modificada cada hora por el nodo control.
- En el nodo decisión: C_CARGA(D), no permite la entrada de carga si la batería está llena.
- En el nodo puerta: BATERIA(G) regula el flujo de energía en función de reglas de consumo definidas en el nodo CONTROL, a través de la variable FACTOR; y frena el suministro de energía a los elementos de consumo si la batería llega al límite mínimo de carga.
- En el nodo decisión: INVERSOR(D), simula la pérdida producida por la conversión de corriente continua a corriente alterna.
- En el nodo salida: CONSUMO_CA (E), simula el comportamiento general de los elementos de consumo.
- En el nodo autónomo: START (A) genera la carga inicial de la batería (a un 90%).
- En el nodo autónomo: CONTROL(A) añade el efecto de la temperatura sobre los paneles, genera un efecto aleatorio sobre la radiación, determina las fallas del sistema, los porcentajes de carga del banco de baterías y crea la proporción de consumo por hora.
- En el nodo autónomo: GRA(A) graficador de algunas variables del sistema configurador/simulador.
- En INIT además de la inicialización y validación de variables, se crean un conjunto de eventos que se colocarán en la lista de eventos futuros, que coordinarán la generación de radiación.

Es importante destacar que en este modelo, se considera una nueva variable importante la cual es EFICIENCIA del panel, utilizada en modelos matemáticos que simulan paneles.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5.1.3.16 Programa en GLIDER: SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL, CONSUMO REGULADO Y PERIODOS LARGOS (llamado: FOTOVOLT_8.GLD)

En este modelo se considera que la generación de radiación se distribuye a través de una normal con parámetros media=12 y desviación estándar=2.

- El nodo autónomo: DISTRIBUCION(A), crea una proporción de la radiación total diaria, considerando los valores de la distribución normal, para posteriormente enviarlos al nodo PANEL(R). la variable N1 es usada para efectos de graficación.
- En el nodo recurso: PANEL(R) envía PT/1000 vatios al controlador de carga, y el resto se pierden. La variable PT representa la potencia de trabajo y es modificada cada hora por el nodo control.
- En el nodo decisión: C_CARGA(D), no permite la entrada de carga si la batería está llena.
- En el nodo puerta: BATERIA(G) regula el flujo de energía en función de reglas de consumo definidas en el nodo CONTROL, a través de la variable FACTOR; y frena el suministro de energía a los elementos de consumo si la batería llega al límite mínimo de carga.
- En el nodo decisión: INVERSOR(D), simula la pérdida producida por la conversión de corriente continua a corriente alterna.
- En el nodo salida: CONSUMO_CA (E), simula el comportamiento general de los elementos de consumo.
- En el nodo autónomo: START (A) genera la carga inicial de la batería (a un 90%).
- En el nodo autónomo: CONTROL(A) añade el efecto de la temperatura sobre los paneles en función de la temperatura de cada mes almacenados en los vectores V_TMIN[M] y V_TMAX[M], genera un efecto aleatorio sobre la radiación a partir de los valores almacenados en el vector V_IRRA[M], determina las fallas del sistema (Horas de falla/horas totales de funcionamiento), los porcentajes de carga del banco de baterías y crea la proporción de consumo por hora.
- En el nodo autónomo: GRA(A) graficador de algunas variables del sistema configurador/simulador.
- En INIT además de la inicialización y validación de variables, se crean un conjunto de eventos que se colocarán en la lista de eventos futuros, que coordinarán la generación de radiación.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Es importante destacar que en este modelo, se considera una nueva variable importante la cual es EFICIENCIA del panel, utilizada en modelos matemáticos que simulan paneles.

- En la sección PROCEDURES, lee los valores de radiación, temperatura máxima y temperatura mínima promedio mensual del archivo VALORES.DEF, y lo almacena en los vectores V_IRRA, V_TMAX y V_TMIN.

5.1.4 Explicación de tablas

5.1.4.1 Tabla de radiación, temperatura máxima y mínima (Ver Anexo G) [17] [18]

En la tabla 12 se presentan los datos de radiación diaria media para cada mes del año y los valores promedio de las temperaturas máximas y mínimas para cada mes del año.

Radiación del mes de enero

Temperatura máxima de diciembre

3.3 4.2 4.8 5.3 5.5 6.5 5.2 4.2 3.5 3.2 3.5 3.1 RADIACION PROMEDIO DE CADA MES

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

21.6 26.5 23.2 24.6 25.3 27.6 26.6 24.3 23.2 22.3 212 1 TEMP MAX PROMEDIO DE MES

11 16 13.2 14.6 15.3 17.6 16.6 14.3 13.2 12.3 11.8 11.3 TEMP MIN PROMEDIO DEL MES

Temperatura mínima de julio

Tabla 12 Datos de radiación y temperatura.

5.1.4.2 Tabla de baterías existentes en el mercado

TipoBateria	Voltagen	AmpHora	horas de descarga
Concorde PVX-12105	12	105	20

Tabla 13 Datos de baterías.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En donde:

- Voltagen: es el voltaje del generador.
- AmpHora: es la capacidad de la batería.
- Horas de descarga: tiempo en que la batería puede permanecer descargada sin dañarse.

5.1.4.3 Tabla de módulos existentes en el mercado

Módulo	TipoCel	Isc	Voc	Vmax	noct	eficiencia	ns	Imax
ARCO SOLAR - M 55	Mono	3,27	21,8	17,4	47	12,55	36	3,05
ARCO SOLAR - M 65	Mono	3,26	18	14,5	47	11,85	30	2,9

Tabla 14 Datos de Paneles Fotovoltaicos.

En donde:

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

- TipoCel: tipo de célula fotovoltaica.
- Isc: corriente en cortocircuito.
- Voc: voltaje en circuito abierto.
- Vmax: voltaje máximo.
- noct: temperatura en condiciones normales de operación.
- eficiencia: eficiencia del panel
- ns: número de celdas.
- Imax: corriente máxima.

5.1.4.4 Tabla de resultados

En la tabla 15 se muestran los resultados de las estadísticas que genera GLIDER, las cuales son puestas a la disposición del usuario.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
Basic Experiment
Time   8761.00 Time Stat.  8761.00  Replication   1  8/ 5/2007  9h  4m 5s
Elapsed time  0h  6m 41.234s
Nod/Ind Ant/Li #Ent Lgth   Max   Mean   Dev  MaxSt  MeanSt   Dev   T.Free
PANEL
  1 EL    8595975   0 10243    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
   IL     8595975   0 10243    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
C_CARGA
  1 PANEL
    1    838231   0    1    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
BATERIA
  1 EL    654935 3406 11401 9344.78 2684.23 153.000 124.859 35.8214    0.0
INVERSOR
  1 BATERIA
    1    651529   0  120    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
CONSUMO_CA
  1 EL    618811   0  120    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
  Time in System: Mean  125.528  Dev.  34.7443  Max.  153.000  Min.  1.00000
P_INVERSOR
  1 EL     32718   0   16    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
  Time in System: Mean  125.206  Dev.  34.9612  Max.  153.000  Min.  1.00000
P_BATERIA
  1 EL    193557   0    1    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
  Time in System: Mean    0.0  Dev.    0.0  Max.    0.0  Min.    0.0
P_PANEL
  1 EL   7757744   0    1    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0 8761.00
  Time in System: Mean    0.0  Dev.    0.0  Max.    0.0  Min.    0.0

Var/Ind              Mean(t) Dev.(t)   Max.   Min. Mean(v) Dev.(v)  Actual
  CONSUMO_E  1       70.7003 6617.18 .619+ 6 .619+ 6 .619+ 6    0.0 .619+ 6
      IRRA  1       4.35803 1.41004 11.1360 0.39960 4.35803 1.41004 3.04914
PORC_CARGA_BAT  1       81.9787 23.5395 100.009    0.0 81.9693 23.5544 30.9298
 PORC_FALLA  1       .129- 3 0.01207 1.13014 1.13014 1.13014 .500- 8 1.13014
        PT  1       97.3222 8.05054 103.000 81.3963 97.3222 8.05054 103.000
   U_PANEL  1          0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
```

Tabla 15 Resultados obtenidos por GLIDER.

La tabla de resultados la podemos dividir en tres partes: encabezado, sección de explicación de la red y sección de variables independientes.

Sección de encabezado de la tabla:

```
Basic Experiment
Time    500.00 Time Stat.   500.00  Replication   1  22/ 4/2007  9h 17m 15s
Elapsed time  0h  0m 57.531s
```


WWW.BDIGITAL.ULA.VE
Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Se muestra información básica y general con respecto al experimento, entre las cuales se encuentra: Tiempo de simulación, replicaciones, fecha del experimento, hora de experimento y tiempo real de duración del experimento.

Sección de explicación de la red:

Nod/Ind	Ant/Li	#Ent	Lgth	Max	Mean	Dev	MaxSt	MeanSt	Dev	T.Free
PANEL										
1 EL	576499		0	7016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.000
IL	576499		0	7016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.000
CONSUMO_CA										
1 EL	58838		0	209	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.000

Time in System: Mean 47.6337 Dev. 16.8668 Max. 81.0000 Min. 1.00000

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Se muestra lo siguiente:

- Las filas: identifican cada nodo de la red, muestran información de las listas externas e internas que usa GLIDER y expresa información del tiempo de duración de las entidades en el sistema.

- Las columnas: identifican el nodo, las entidades generadas o que pasaron por dicho nodo, longitud de las colas formadas (dentro de las listas externas e internas) y estadísticas de cada nodo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Sección de variables independientes:

Var/Ind	Mean(t)	Dev.(t)	Max.	Min.	Mean(v)	Dev.(v)	Actual
CONSUMO_E 1	125.000	2792.29	62500.0	62500.0	62500.0	0 .0	62500.0
PORC_CARGA_BAT 1	56.3306	20.5238	100.009	0.0	56.2182	20.6569	46.9167
.							
.							
.							
.							

- Las filas: identifican la variable independiente de interés.
- Las columnas: muestran las estadísticas de cada variable de interés.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

5.1.5 Vista de la página Web implementada

La página web definitiva en el sistema configurador/simulador, se muestra en la figura 18, esta página está compuesta por un encabezado en donde se identifica el sistema configurador/simulador, el índice en donde se encuentran las posibles alternativas de uso y la hoja de trabajo en donde se colocar los resultados obtenidos.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

MODELADO Y SIMULACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Postgrado de modelado y simulación de sistemas

Haga clic en el programa que quiere ejecutar.

CONFIGURACION ADECUADA

POTENCIA DE TRABAJO

SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME

SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME ESCALON

SIMULADOR CON DISTRIBUCION BINOMIAL

SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL

SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL Y CONSUMO REGULADO

SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL, CONSUMO REGULADO Y PERIODOS LARGOS

ESTADISTICAS DEL ULTIMO MODELO EJECUTADO

TIPOS DE BATERIAS

TIPOS DE MODULOS

Hoja de trabajo

Figura 18 Página Web implementada.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5.1.6 Vista de la página Web (alterna) implementada

Para aquellos exploradores de Internet que no soportan frame, el sistema dispone de una página alterna, la cual se presenta en la figura 19.

MODELADO Y SIMULACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Postgrado de modelado y simulación de sistemas

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Haga clic en el programa que quiere ejecutar.

CONFIGURACION ADECUADA

POTENCIA DE TRABAJO

SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME ESCALON

SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME

SIMULADOR CON DISTRIBUCION BINOMIAL

SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL

SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL Y CONSUMO REGULADO

SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL, CONSUMO REGULADO Y PERIODOS LARGOS

ESTADISTICAS DEL ULTIMO MODELO EJECUTADO

TIPOS DE BATERIAS

TIPOS DE MODULOS

Figura 19 Página Web alterna implementada.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 6

Pruebas del sistema configurador/simulador

Este capítulo se refiere a la fase de las pruebas de la aplicación que permiten comprobar que el sistema Web cumple con los requisitos funcionales y no funcionales descritos en capítulo 3.

El proceso de pruebas corresponde al proceso de encontrar las diferencias en el comportamiento de los componentes del sistema Web con respecto a la manera que se espera que estos se comporten, y verificar además que todos los requisitos han sido implementados correctamente. Para el desarrollo de este proceso se tomaron en cuenta las siguientes tipos de pruebas:

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

1. **Pruebas Caja Blanca**: Los datos de prueba son derivados del comportamiento interno del sistema, puede decirse, con resultados esperados satisfactorios.
2. **Pruebas Caja Negra**: Los datos de prueba son colocados sin considerar el comportamiento interno del sistema, utilizando valores ubicados justo en los límites permitidos y fuera de ellos, donde probablemente ocurran excepciones.

6.1 Pruebas de caja blanca en corridas piloto

Se verificó el funcionamiento de los módulos GLIDER a través del uso de banderas colocadas estratégicamente (pruebas de caja blanca). Estas banderas son:

En C_OPTIMA:

```
WRITELN('RENDIMIENTO GLOGAL==> ',R:7:2);
WRITELN('CONSUMO ENERGETICO TEORICO==> ',E_TEO:7:2);
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
WRITELN('RELACION ENTRE LA ENERGIA FV DISPONIBLE Y CONSUMIDA==>
',F:7:2);
```

En P_TRABAJO:

```
WRITELN('TEMPERATURA DE TRABAJO   ',TT:7:2);
```

En fotovolt_2 y fotovolt_1:

```
WRITELN(LL(EL_BATERIA));
```

En fotovolt_4:

```
WRITELN(S:5:4);
```

En fotovolt_6:

```
WRITELN(S:5:4);
WRITELN('A==> ',A:13:6);
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

En fotovolt_7 y fotovolt_8:

```
WRITELN(S:5:4);
WRITELN('A==> ',A:13:6);
WRITELN(FACTOR:5:4);
WRITELN(LL(EL_BATERIA));
WRITELN('FALLA>', FALLA);
WRITELN('IRRADIACION=', IRRADIANCIA:3:2);
```

Es importante destacar que, en vista de que GLIDER no tiene depurador, las pruebas de caja blanca se realizaron solo con las banderas anteriormente explicadas (ver anexo D). La lista de eventos futuros generada por GLIDER, verifica el buen funcionamiento de cada simulador (ver anexo F).

6.2 Pruebas de caja negra en corridas piloto

Los resultados obtenidos a través de los simuladores con distribución uniforme y con distribución uniforme escalón, son representativos del sistema, en tanto el comportamiento de la radiación por día

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

sea de interés más que la radiación horaria (la uniformidad en la generación de radiación está lejos de representar la radiación solar en cada hora del día). La utilidad de estos modelos estriba en observar los ciclos de radiación a lo largo del tiempo, la distribución de la carga entre los elementos de consumo, y son el punto de arranque para modelos más complejos y representativos de la realidad (los gráficos generados por GLIDER, que se muestran en el anexo E, sirven de complemento para estas pruebas).

Los resultados obtenidos por los simuladores con distribución uniforme y con distribución uniforme escalón, corresponden a los resultados esperados.

Se han realizado pequeños cambios en los parámetros de entrada en los simuladores con distribución uniforme y con distribución uniforme escalón, observando poca distorsión en los resultados obtenidos. Por lo tanto, no necesitamos mejores estimaciones de datos, ya que los modelos evaluados no son tan sensibles a pequeños cambios.

Los resultados obtenidos a través de los simuladores con distribución binomial y con distribución normal, son representativos del sistema. La utilidad de estos modelos estriba en observar el comportamiento horario de la radiación, y la distribución de la carga entre los elementos de consumo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Los resultados obtenidos por los simuladores con distribución binomial y con distribución normal, corresponden a los resultados esperados.

Se han realizado pequeños cambios en los parámetros de entrada en los simuladores con distribución binomial y con distribución normal, observando poca distorsión en los resultados obtenidos. Por lo tanto, no necesitamos mejores estimaciones de datos, ya que los modelos evaluados no son tan sensibles a pequeños cambios.

Los resultados obtenidos a través de los simuladores con distribución normal y consumo regulado, son muy representativos del sistema real. Los resultados obtenidos por estos simuladores, corresponden a los resultados esperados. Después de realizar pequeños cambios en los parámetros de entrada de estos simuladores, se observó poca distorsión en los resultados obtenidos (ver anexo D).

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En la tabla 16 se presenta un caso particular de prueba de caja negra realizado para el simulador normal con consumo regulado (estas pruebas se realizaron para cada modelo planteado).

Parámetros de entrada:

Voltaje Bat	Capac Bat.	Minima Carg	% efic.	Superficie P	N° Paneles	Irradiancia M	Tiempo(horas)	Temp max.	Temp min.	Coef perd inv	Consumo R.
12	900	270	10	1,25	4	5,532	144	20	12	0,1	1160

Resultados generados por el simulador:

Rad en panel	Energía C_C	Vatios bat	Inversor	Consumo CA	P_inversor	P_bateria	Consumo es	% carga bat	% falla	potencia trab
173620	17291	17711	7334	6956	378	9301	6960	95,9535	0	100

Resultados esperados:

Rad en panel	Energía C_C	Inversor	Consumo CA	P_inversor	Consumo es	% carga bat	% falla	potencia trab
165960	16596	7334	6960	366	6960	90	0	100

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Tabla 16 Caso de prueba de caja negra realizado para el simulador normal con consumo regulado.

- Las discrepancias entre los valores generados por el simulador y los esperados se deben a factores aleatorios incorporados al modelo.
- Los resultados obtenidos por el simulador con distribución normal, corresponden a los resultados esperados.

6.3 Evaluación de los simuladores en valores extremos

Todos los simuladores fueron evaluados en sus valores extremos y presentaron el comportamiento esperado. En la sección de anexos D, se encuentran algunas pruebas realizadas.

Se observó que algunos simuladores eran más eficientes que otros. Los primeros dos simuladores (uniforme y uniforme escalón), tardan más en ser ejecutados. El simulador con generador de radiación Normal y consumo regulado mostró ser el más rápido en ejecución.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El sistema configurador/simulador genera aleatoriamente valores de irradiancia en función de la distribución GAUSS cuya media es suministrada en los parámetros de entrada. En esta fase de pruebas se detectó un pequeño error, cuando se evalúa la irradiancia en un valor muy cercano al extremo superior. La distribución GAUSS generaba valores de radiación que se encontraban fuera del rango posible; esto fue subsanado acotando el valor de irradiancia generado.

6.4 Replicaciones

En el anexo D-6 se encuentran cinco replicaciones realizadas al simulador con generador de distribución Normal y consumo regulado. La radiación generada por los cuatro paneles en las 144 horas o seis días es aproximadamente 5.532 x 1.25 x 4 x 6 x 1000 = 165.960.

Las diferencias de este valor con los valores obtenidos de las replicaciones se deben a la aleatoriedad de la variable (ver anexo D-4).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

6.5 Pruebas de integración

Se procedió a la ejecución de los simuladores y programas, a través de la página Web. Antes de la llamada a la página, es necesario ejecutar el servidor APACHE.

A través de Internet Explorer un posible usuario puede ejecutar el sistema configurador/simulador. La Página principal denominada pagina.html, se encuentra en el siguiente directorio: C:\Archivos de programa\EasyPHP1-8\home\proyectos; esta se ejecuta

Los programas de configuración adecuada y potencia de trabajo, generan un conjunto de resultados los cuales son enviados a la hoja de trabajo de la página Web. Los simuladores se ejecutan apropiada y oportunamente a través del índice de la página. El anclaje de PHP a otros programas, funciona adecuadamente.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

GLIDER genera automáticamente un archivo en el que almacena un conjunto de resultados asociados a la última simulación ejecutada, estos resultados son suministrados al usuario a través del sistema configurador/simulador en el momento deseado.

Las tablas de productos existentes en el mercado son colocados en la hoja de trabajo del sistema Web cuando son solicitados por el usuario

6.6 Comparación con otros programas

Para validar el buen funcionamiento del sistema configurador/simulador se confrontaron los resultados generados por nuestro programa con los obtenidos por otros de renombre mundial. En el artículo denominado "*Desempeño en simulación de sistemas fotovoltaicos*" [9] se comparó un simulador fotovoltaico desarrollado en Brasil, llamado PVSize, con los programas PVSIST (http://www.pvsyst.com) y Homer (http://analysis.nrel.gov/homer).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Para realizar la comparación era necesario evaluar los sistemas en función de los mismos datos de radiación, consumo, potencia instalada y capacidad de acumulación; aunque los métodos de generación de números aleatorios puedan ser diferentes y el enfoque del sistema configurador/simulador sea más empírico que teórico, los resultados obtenidos por los programas deben ser similares.

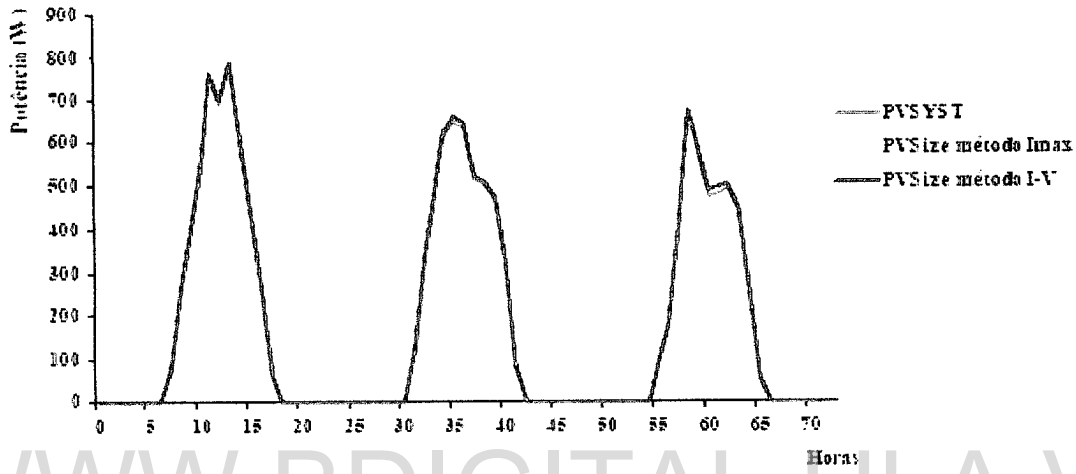
Pasos que se realizaron para constatar el buen funcionamiento del sistema configurador/simulador:

- Obtener los datos de radiación, temperatura máxima y mínima para la ciudad de Porto Alegre al sur de Brasil.
- Modificar la tabla de datos de radiación y de temperatura usada por el sistema configurador/simulador.
- Incorporar en el programa un generador del gráfico representativo de la energía producida por el conjunto de paneles.
- Utilizar los mismos datos de entrada. Los gráficos que se muestran corresponden a un consumo constante de 150Wh, con una potencia instalada de 1100Wp y una capacidad de acumulación de 2900Ah.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Observar los gráficos generados.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos por los programas PVSYST, Homer, PVsize [9] y nuestro sistema configurador/simulador:



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura 20 Potencia generadapor PVSize y por PVSYST.
http://www.asades.org.ar/averma/8-2004/art082.pdf

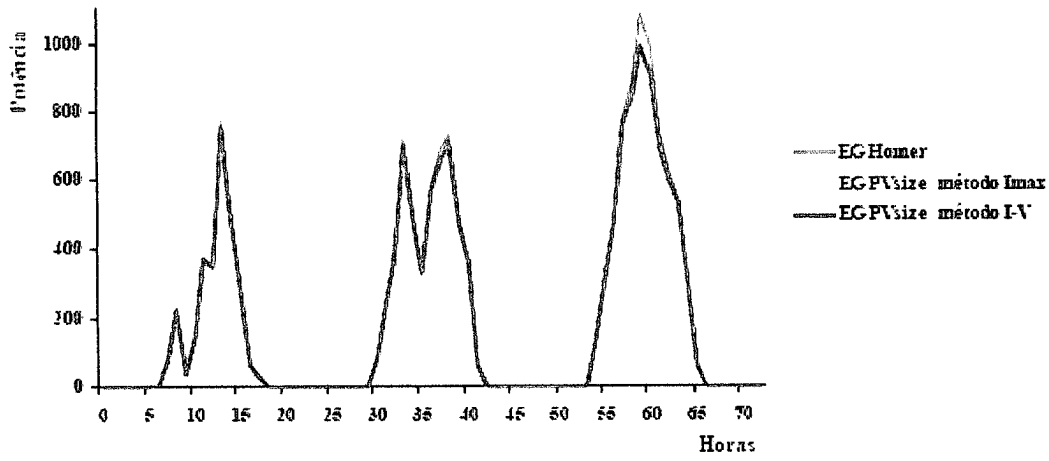


Figura 21 Potencia generada por PVSize y por Homer.
http://www.asades.org.ar/averma/8-2004/art082.pdf

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

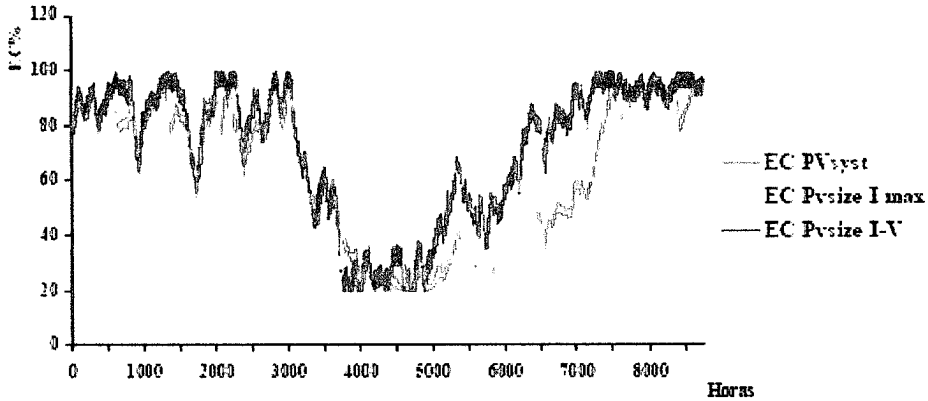


Figura 22 EC del sistema de acumulación obtenido por PVSize y PVSYST.

http://www.asades.org.ar/averma/8-2004/art082.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

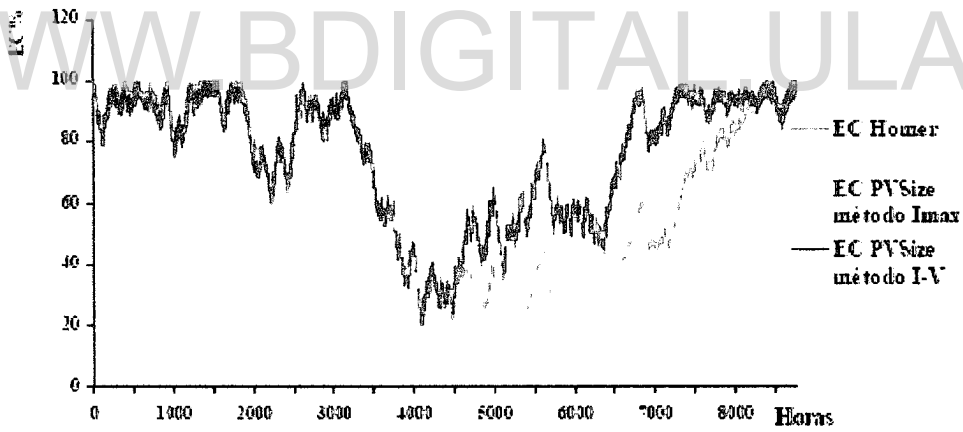


Figura 23 EC del sistema de acumulación obtenido por PVSize y Homer.

http://www.asades.org.ar/averma/8-2004/art082.pdf

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

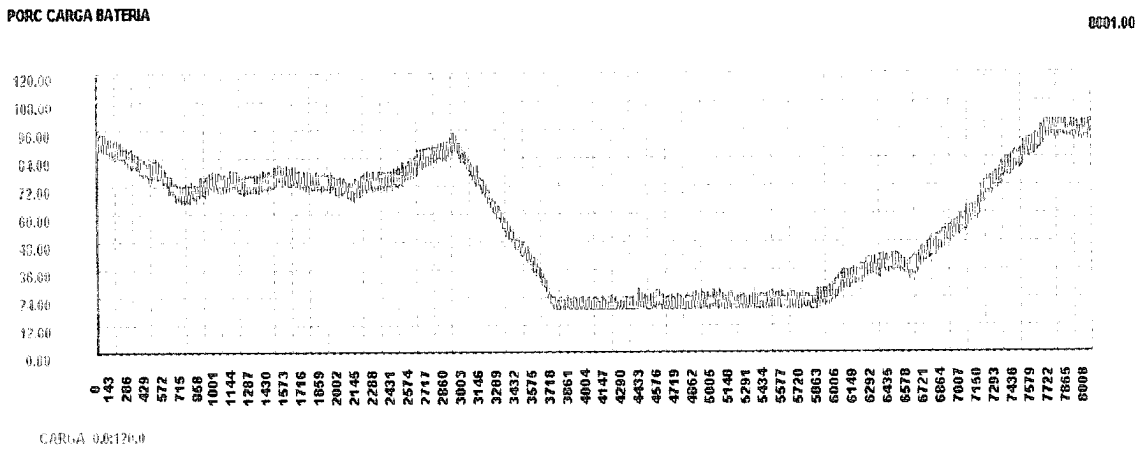


Figura 24 Porcentaje de carga de la batería generado por el sistema configurador/simulador.

Las figuras 22, 23 y 24, se muestran las gráficas representativas del estado de carga de la batería a lo largo del tiempo para 8000 horas. Las diferencias observadas entre dichas gráficas pueden ser causadas por distintos factores como son: los métodos usados para generar la radiación, los balances energéticos y los números aleatorios.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

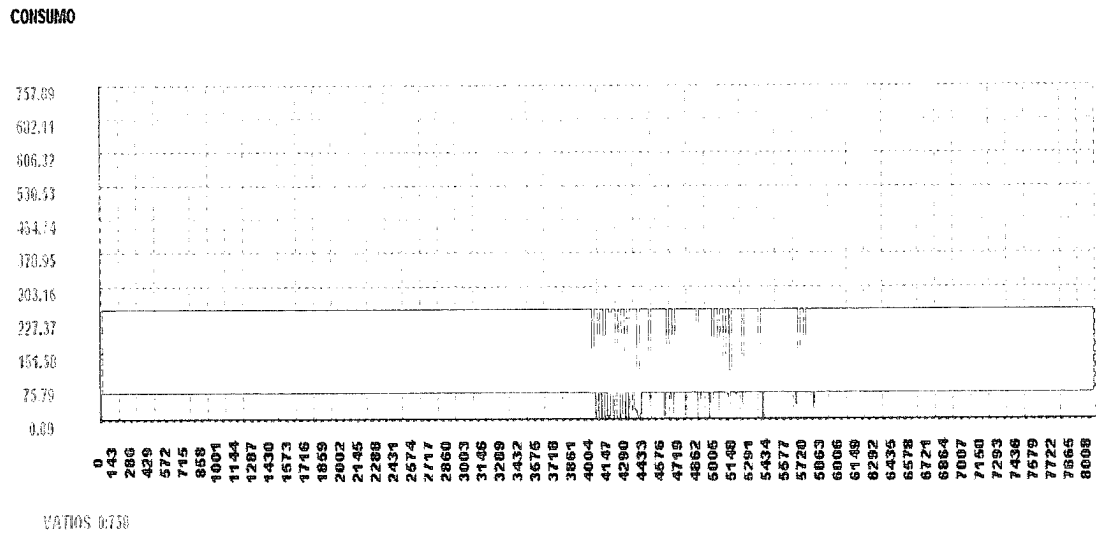


Figura 25 Consumo de energía en el sistema configurador/simulador.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

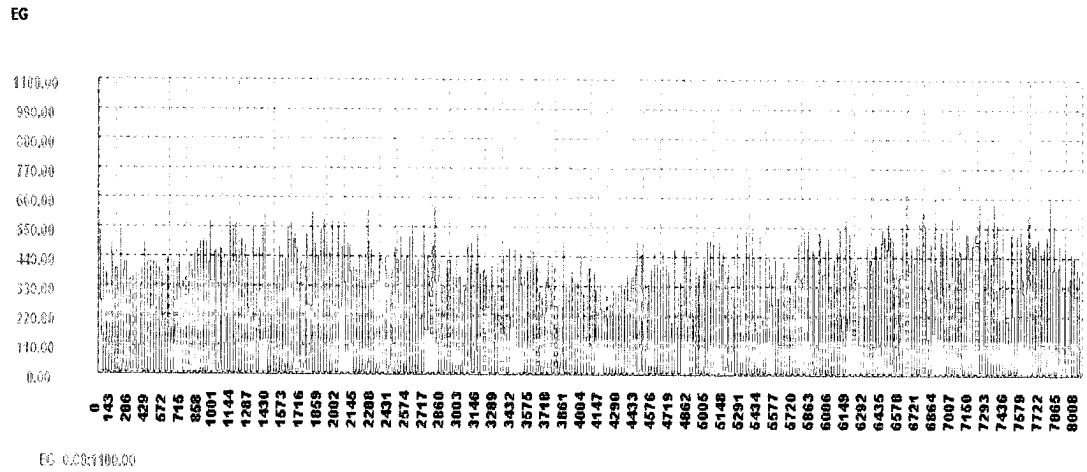


Figura 26 Energía generada por los paneles (escala completa) en el sistema configurador/simulador.

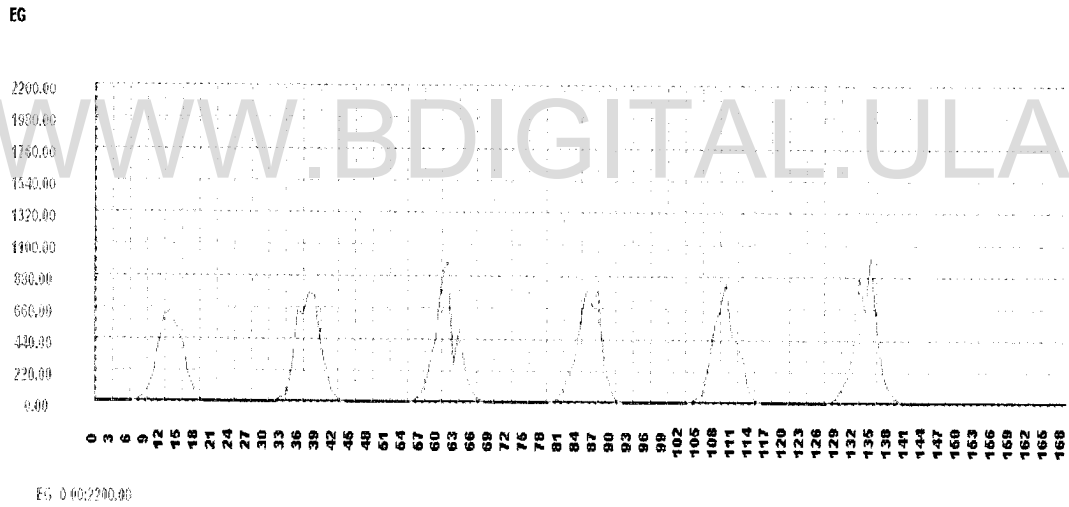


Figura 27 Energía generada por los paneles (escala reducida) en el sistema configurador/simulador.

Las figuras 20, 21, 26 y 27, se muestran las gráficas representativas de la energía generada por los paneles a lo largo del tiempo. Las diferencias observadas pueden ser causadas por distintos factores como son: los métodos usados para generar la radiación, y la forma de generar de números aleatorios.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

6.7 Corrida producción

En este caso se quiere configurar y evaluar un sistema fotovoltaico que suministre la energía necesaria y suficiente para satisfacer la siguiente carga y estimar el efecto de añadir una nevera en el sistema.

Cargas	Potencia (W)	cantidad	Horas de uso	Consumo teórico
Lámparas	14	4	2	112
Radio	5	1	5	25
Licuadora	20	1	0.5	10
Computador	40	1	3	120
Televisión	40	1	3	120
Carga fija	-	-	-	50
Total diario (Wh/día)				→ 437
Nevera	-	-	-	800
Total diario teórico (Wh/día)				→ 1237

Tabla 17 Elementos de consumo considerados en ejemplo.

Ejecutando el módulo para determinar la configuración adecuada. Se consideran que los paneles usados tienen una potencia pico de 100, las baterías que se van a usar son de 12 voltios y la radiación considerada es la diaria media para el mes de enero del año 2006 en Mérida, la cual es 3,1 kWh/(m2 x día)) (es el mes que produjo la menor cantidad de radiación en todo el año 2006).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Se arrojaron los siguientes resultados:

- Consumo energético real: 599Wh/día
- Capacidad del banco de baterías: 287 Amp
- Número de paneles necesarios: 3

Para efectos de la ejecución del simulador, se van a considerar modificaciones para adaptar los resultados a los productos existentes en el mercado.

- El panel usado será: British Petrol Solar BP 245/1 con una eficiencia de 10,3 (de 72 células, aproximadamente 0.90 metros cuadrados cada uno).
- La batería usada será: SEC BY/SC-6-45A15 de 12 voltios 320 Ah.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Ejecutando el simulador con generador de radiación basado en la distribución Normal, consumo regulado y para períodos largos de tiempo arrojó los resultados que están en la primera fila:

Entradas:

Voltaje Bat	Capac Bat.	Mínima Carg	% Eric.	Superficie P	N° Paneles	Tiempo(horas)	Coef perd inv	Consumo R.
12	320	90	10,3	0,9	3	8760	0,05	599
12	320	90	10,3	0,9	3	8760	0,05	1237
12	635	200	10,3	0,9	4	8760	0,05	1237
12	635	200	10,3	0,9	5	8760	0,05	1237
12	635	200	10,8	0,9	4	8760	0,05	1237

Resultados:

Rad en panel	Rad C_C	Vatios bat	Inversor	Consumo CA	Perdidas inversor	Perdidas bateria	Consumo esperado	% carga bat	% falla	potencia trab	tiempo procesador seg.
4325762	419492	240088	236520	224682	11838	182861	218635	95,455	0	97,1365	184,87
4274861	415319	399948	398860	378710	20150	18828	452000	51,057	20,354	97,2534	181,63
5736140	557808	463243	460820	438105	22715	101424	452000	75,331	4,2922	97,2453	469,94
7139813	695060	484488	477420	453490	23930	217431	452000	95,019	0	97,2498	279,57
5749256	586943	472190	469705	446380	23325	121612	452000	79,406	2,03	102,014	249,22

Tabla 18 Resultados de la simulación en el ejemplo.

Se observa que el sistema configurado previamente está sobredimensionado, por lo tanto, se podría anexar el consumo del refrigerador y observar si pueden suceder fallas.

Luego de la segunda corrida se observa que si se anexa el consumo extra del refrigerador, el sistema presentará un 20,4 por ciento de fallas anuales (esto se observa en la segunda fila de la tabla anterior). En este caso el sistema está subdimensionado.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Se decide colocar una batería de mayor capacidad (se selecciona la batería Pacific Chloride BY/CH-685-13 de 635 Ah y de 12 voltios) y colocar un panel adicional. El sistema presentó un 4,3 por ciento de falla anual (esto se observa en la tercera fila de la tabla anterior).

Continuando la evaluación, se decide colocar 5 paneles de 10,3 % de eficiencia. En este caso el sistema no presentó fallas durante el año evaluado (esto se observa en la cuarta fila de la tabla anterior).

Se decidió evaluar el sistema colocando un tipo de panel más eficiente, llamado Helios Technology H 276 con una eficiencia de 10,8 %. Se redujo el porcentaje de falla a 2,0 % (esto se observa en la cuarta fila de la tabla anterior).

Es importante destacar que la estimación se está realizando hasta ahora, en función del valor de consumo energético teórico y no del consumo real, por lo tanto, es conveniente ejecutar el módulo de configuración adecuada para obtener dicho consumo real.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

En la ejecución del programa "configuración adecuada" contenido en el sistema configurador/simulador, se tienen los siguientes parámetros de entrada: los paneles usados tienen una potencia pico de 100Wp, las baterías que se van a usar son de 12 voltios y la radiación considerada es la diaria media para el mes con menor irradiancia en Mérida estado Mérida (es de 3,1 kWh/(m2 x día)).

Se arrojaron los siguientes resultados:

Consumo energético real: 1697Wh/día
Capacidad del banco de baterías: 809 Amp
Número de paneles necesarios: 7

- La batería usada será: Pacific Chloride BY/CH-685-19 de 12 Voltios y de 950Ah.
- El tipo de panel usado será: Helios Technology H 276 con una eficiencia de 10,8 %.

Esta segunda fase de evaluación y prueba, arrojó los resultados que se encuentran en la siguiente tabla:

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Entradas:

Voltaje Bat	Capac Bat.	Minima Carg	% efic.	Superficie Panel	N° Paneles	Tiempo horas	Coef perd inv	Consumo Real
12	950	270	10,8	0,9	7	8760	0,05	1697
12	950	270	10,8	0,9	6	8760	0,05	1697
12	950	270	10,3	0,9	6	8760	0,05	1697

Resultados:

Radiación en panel	Rad C_C	Vatios bat	Inversor	Consumo CA	Perdida inversor	P_bateria	Consumo es	% carga bat	% falla	potencia trab	Tiempo proceso seg.
10031893	1020964	667567	657000	624174	32826	363658	619000	95,525	0	101,959	872,6
8610152	880165	663649	657000	623958	33042	226777	619000	90,412	0	102,078	404,5
8595975	838231	654935	651529	618811	32718	193557	619000	81,969	1,13	97,3222	401,2

Tabla 18 Resultados de la simulación en el ejemplo con parámetros variados.

Basados en los resultados de la tabla 18, si tenemos un consumo energético diario teórico (Wh/día) de 1237 Wh/día, entonces, se requiere el uso de una batería de 950Ah y el uso de 6 paneles fotovoltaicos, que tengan una eficiencia de 10,3 % con un porcentaje de falla del 1,13%.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Con los resultados anteriores, ya se puede instalar el sistema fotovoltaico en función de las necesidades del cliente.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El sistema Web diseñado para ejecutar el simulador de generación de energía fotovoltaica, a través de INTERNET, apoya al usuario interesado en instalar un sistema fotovoltaico.

Además del simulador, el sistema representa una gran ayuda para conocer de materiales y componentes disponibles en el mercado.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

La consolidación de este sistema, representa una herramienta fundamental en la toma de decisiones oportunas y efectivas, ya que es posible para los usuarios, tener acceso a la información de una manera más fácil y desde cualquier punto de red.

Las pruebas del sistema se realizaron de manera satisfactoria, brindando resultados positivos que nos permitieron concluir que el sistema se comporta de la manera esperada y de forma confiable.

Esta es una herramienta de fácil utilización que auxilia tanto en el dimensionamento como en la simulación de sistemas fotovoltaicos autónomos.

El uso conjunto de dos metodologías nos permitió obtener buenos resultados en el desarrollo del simulador y en el acabado final del software. Se integraron técnicas propias de simulación y características de software de calidad para el usuario final. En cada ciclo completo de la metodología watch, se obtenía una nueva versión del simulador.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Por último es importante destacar los aportes generados por el proyecto: 1) Se contribuyó con un nuevo simulador a la librería de GLIDER; 2) Se muestra la manera de acceder a programas GLIDER a través de software de alto nivel como el PHP, esta manera de relacionar ambos programas amplía su utilización; 3) Relacionar GLIDER con PHP, implica relacionar GALATEA (mencionado en la sección 2.14) con PHP; 4) Se observó la necesidad de desarrollar un depurador para GLIDER; 5) Se utilizó teoría de simulación de sistemas a eventos discretos (DEVS), para simular sistemas continuos.

Los resultados obtenidos a través del sistema configurador/simulador se aproximan considerablemente a los resultados producidos por otros programas, demostrando ser una herramienta útil para predecir el comportamiento de sistemas fotovoltaicos y configurar apropiadamente las instalaciones fotovoltaicas.

Es importante destacar que simular sistemas continuos de una manera discreta y con fundamentos teóricos, pueden contribuir a la formulación de modelos útiles para la toma de decisiones.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

El Sistema cofigurador/simulador presentó un comportamiento similar a otros programas reconocidos a nivel mundial.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

7.2 Recomendaciones

- Utilizar los sistemas fotovoltaicos como una fuente de generación de energía alterna. Esto ayudará al cuidado de la naturaleza, contribuirá a evitar el calentamiento global y disminuirá la dependencia de las fuentes energéticas tradicionales.

- Crear organizaciones que estimulen la fabricación de componentes fotovoltaicos.

- Implementar bases de datos que contengan información sobre tipos y características de componentes fotovoltaicos (módulos, baterías, inversores, elementos de consumo y otros), información climatológica (temperatura, radiación, nubosidad y otros). Dichas bases de datos pueden interactuar con PHP para facilitar la interacción usuario/sistema web y fortalecer el simulador.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

- Incorporar un módulo que permita realizar análisis económico. Este módulo podría contener análisis y estimación de precios, comparación de costos con otras alternativas de energía, tiempo de recuperación de inversión inicial, ventajas económicas de las instalaciones fotovoltaicas, costos y beneficios directos e indirectos de las instalaciones fotovoltaicas y otros.

- Ampliar el simulador para que permita proyectar sistemas en cualquier localidad del mundo.

- Prolongar el tiempo de simulación para realizar mejores estimaciones, esto permitirá obtener el comportamiento del sistema no solo para un año típico meteorológico. El hecho de que esto se realice ayudará a precisar con mayor exactitud la configuración del sistema.

- Ponderar los efectos de envejecimiento de las baterías, paneles, inversores y otros componentes.

- Evaluar la simulación a través de modelos matemáticos específicos para sistemas fotovoltaicos, esto ayudará a verificar el buen funcionamiento de modelo. Debido a que el modelo desarrollado se desplegó desde un enfoque, empírico e intuitivo.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Evaluar la división de un sistema fotovoltaico en varios subsistemas pequeños, con la intención de descentralizar la producción de energía e independizar la generación de energía entre dichos subsistemas. Esta nos podría llevar a una configuración más apropiada del sistema que se pretende instalar.

- Es importante incluir en GLIDER un *depurador* que facilite la realización de las pruebas de manera más rápida y eficiente.

- Incorporar nuevos códigos que le permitan al usuario realizar ajustes en el consumo de energía eléctrica, esto con la finalidad de generar resultados más apegados a las necesidades del usuario.

- En las siguientes versiones del sistema configurador/simulador, es necesario incluir otros tipos de baterías (por ejemplo de 6 y 48 voltios), detallar el comportamiento de los controladores de carga e inversores y mejorar la eficiencia del simulador.

- Es necesario evaluar que tan significativas son las diferencias entre los resultados obtenidos por el sistema configurador/simulador y otros simuladores existentes en el mercado.

- Ampliar el simulador para que pueda estudiar el comportamiento de sistemas fotovoltaicos híbridos.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Bibliografía

[1] Dávila, J., Uzcátegui, M., y Kay, T., (2004). *Simulación multi-agente con galatea.* Tópicos Avanzados en Simulación, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

[2] Hoeger, H., (2005). *Apuntes a la introducción a la simulación y modelado de sistemas.* Postgrado de simulación y modelado de sistemas. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

[3] Nasre, M., (2003, 6). *Modelado para comercializar células fotovoltaicas aplicadas a entidades fijas.* Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

[4] Deitel, H., y Deitel, P., (2003). Programación Web con CGI. En *Como programar en C++* (pp. 881-941). Pearson Educación (4ª ed.), México.

[5] Deitel, H., y Deitel, P., (2003). Introducción a XHTML. En *Como programar en C++* (pp. 1236-1273). Pearson Educación (4ª ed.), México.

[6] Moreno, F., (2004, 6). *Unidad didáctica 1: componentes y principios básicos* [Versión electrónica]. Curso de energía solar. Caceres. Extraído el 08 de Junio del 2006.
http://www.oadl.dipcaceres.org/sostenibilidad/documentos/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

[7] *Guiactiva Energía solar fotovoltaica,* (2004, 11). [Versión electrónica]. Guíactiva Documento. Navarra: Cien, s.a. Extraído el 08 de Junio del 2006.
http://www.cein.es/pdf_documentacion/creacion/fotovoltaica.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

[8] CURSO PHP Y MYSQL II, (2006, 10) [Versión electrónica]. Curso PHP y mySQL. Extraído el 29 de Octubre del 2006. http://www.mundotutoriales.com/tutorial tutorial de **php** y **mysql**-mdtutorial2221070.htm

[9] Vera, H., Krenzinger, F., (2004, 1). *Desempeño en simulación de sistemas fotovoltaicos* [Versión electrónica]. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Chaco, Argentina. Extraído el 08 de Junio del 2006. http://www.asades.org.ar/averma/8-2004/art082.pdf

[10] Onate Arresti Diego., (2006,6). Dimensionado y evaluación económica de una instalación fotovoltaica. [Versión electrónica]. Extraído el 08 de Agosto del 2006. onate@telefonina.net art_fot_014, www.torres-refrigeracion.com/pdf/art_pdf

[11] Lamaison U., Raventós, J., (2006,1). Sistemas F.V Conectados a la Red (SFCR). [Versión electrónica]. Extraído el 08 de Agosto del 2006. presentacio_lamaison www.jcee.upc.es/JCEE2005/pdf_ponencies/presentacio_**lamaison**.pdf

[12] Montilva, J. (2004). *Desarrollo de aplicaciones empresariales, el método watch.* Mérida, Venezuela.

[13] Lenguaje Unificado de Modelado (UML), http://es.wikipedia.org/wiki/UML

[14] Sitio web del Método Watch, http://www.pgcomp.ula.ve

[15] Hamar, V. (2003). *Aspectos metodológicos del desarrollo y reutilización de componentes de software.* Mérida, Venezuela.

[16] Larman Craig (1999). Lenguaje Unificado de Modelado (UML), 2ª edición.

[17] The Mérida Atmospefic Research Station (MARS), http://www-imk.fzk.de/asf/mira/Merida/

[18] Datos climatológicos Mérida, Venezuela. http://www.tutiempo.net/clima/Venezuela/VE.html

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

[19] M.A. Egido., 1993, Tesis Doctoral "Dimensionado y simulación de sistemas fotovoltaicos autónomos", ETSI de Telecomunicaciones, UPM.

[20] E. Lorenzo, G.L. Araujo, A. Cuevas, M.A. Egido, J.C. Miñano, R. Zilles., 1994, Electricidad solar. Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos, Progensa.

[21] Mariano Sidrach, 2001, Métodos convencionales de dimensionado (el capítulo 15 del libro sobre "Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica"). Editorial CIEMAT.

[22] Moreno F., Francisco J., 2006, Curso de energía solar, unidad didáctica 1, UD01conceptosPrincipiosBásicos.pdf, Madrid, España.
www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

[23] Domingo H., 2006. *Presentación titulada: Introducción al ULM*. Escuela de Ingeniería de Sistemas, departamento de computación. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

[24] Domingo C., Tonella G., 2003, *"GLIDER: Lenguaje de Simulación, Guía de Usuarios WINDOWS"*, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. http://afrodita.faces.ula.ve/glidelphiES.html

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

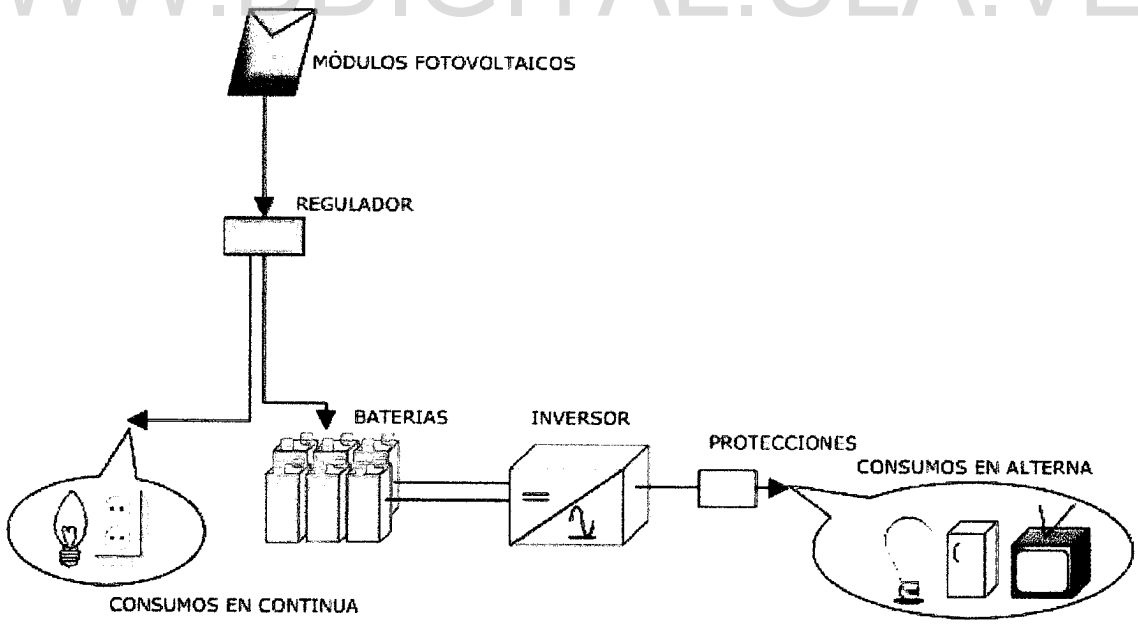
Anexos

Anexo A

Fotografías

A-1: Sistema fotovoltaico para una vivienda

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



Esquematización de un sistema fotovoltaico para una vivienda.
www.jcee.upc.es/JCEE2005/pdf_ponencies/presentacio_**lamaison**.pdf

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-2: Gerarquización de las energías provenientes del sol

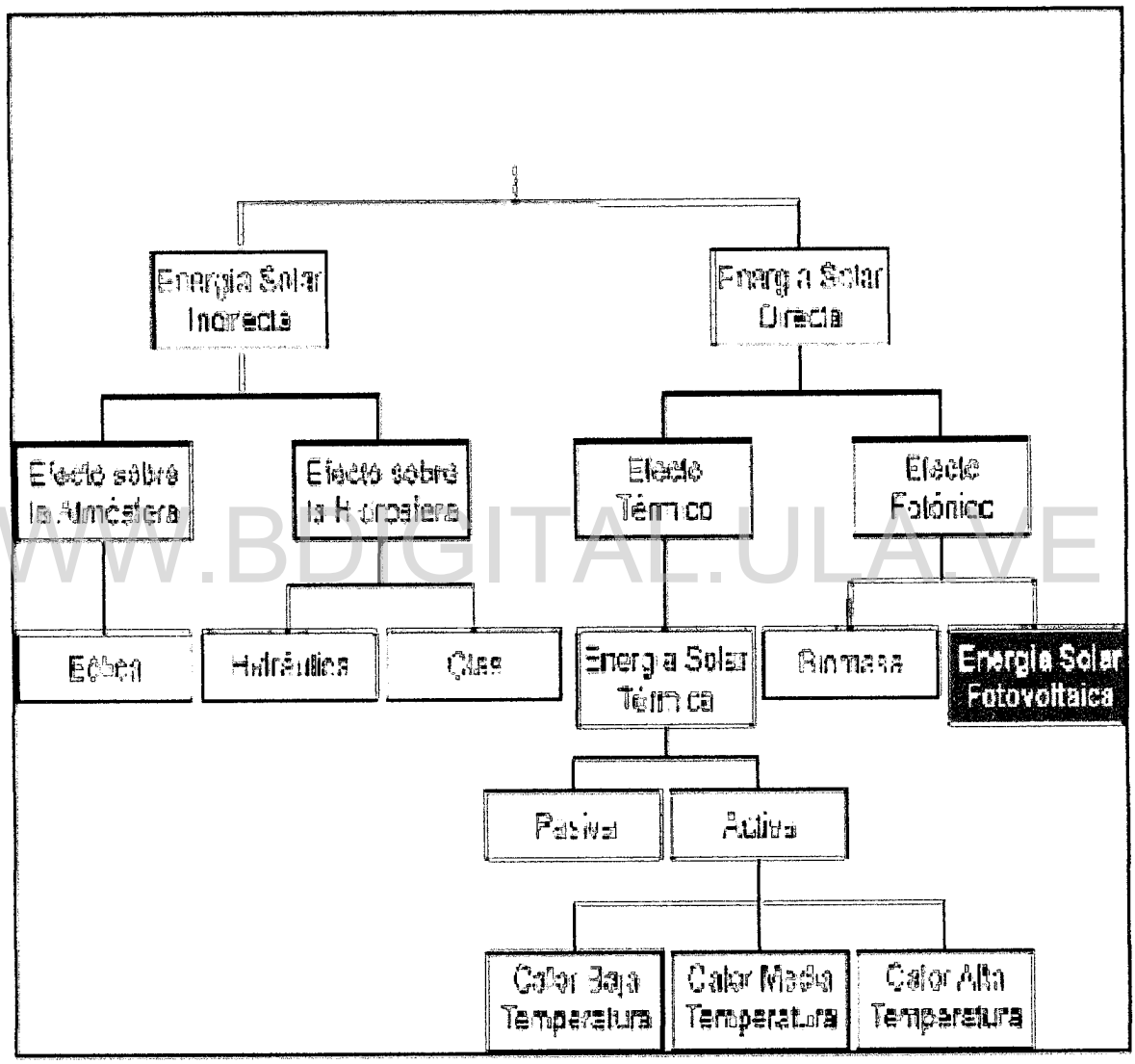


Diagrama jerárquico representativo de las energía generadas a través de la radiación solar.

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

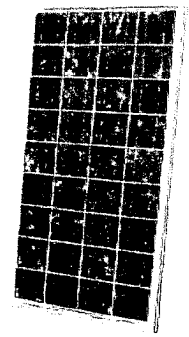
Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-3: Catálogo de los módulos fotovoltaicos modelo TE 500

Módulos fotovoltaicos

TOTAL ENERGIE

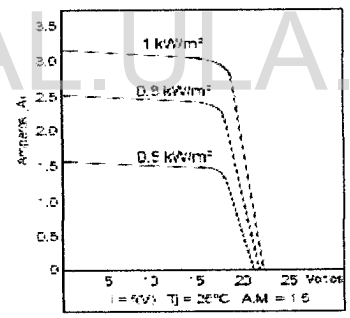
Módulo fotovoltaico
50 Watts Pico 12 Volts,
Policristalino, tipo vidrio/Tedlar
Tamaño celulas : 102 x 102 mm



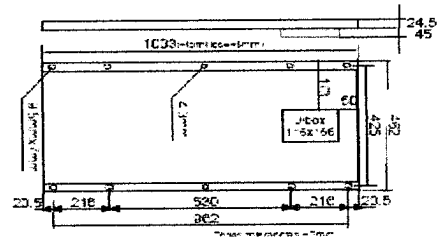
El modulo TE 500 usa células fotovoltaicas en silicio policristalino con rendimiento de conversión elevado. Las celulas solares estan medidas individualmente y seleccionadas electronicamente antes de ser interconectadas. Encapsulación por hojaldrado de capa polimerizada al calor, resistente a temperaturas elevadas. Cara delantera en vidrio templado con leve tenor en hierro. Cara trasera en Tedlar. El hojaldrado EVA resistente a los UV, baña las celulas fotovoltaicas dentro de los laminados y asegura condiciónes de funccionamiento optimales de las celulas bajo cada ambiente. La estructura vidrio/Tedlar del modulo reduce su peso, protegando en el mismo tiempo y duraderamente las celulas solares. Existe en nuestra gama, estructuras portadoras permettiendo un montaje facil y rapido.

Modulo (Codigo TE ...)		TE 500 50/12	TE 500 50/14
Encapsulación		Vidrio / Tedlar	
Tamaño de las celulas	mm	102 x 102	
Numero de celulas	us	36 / 4 x 9	
Potencia tipica *	Wp	50	55
Voltaje de uso	V	12	
Voltaje a potencia máx.	V	17,00	17,50
Corriente a potencia máx.	A	2,94	3,14
Voltaje de circuito abierto	V	21,60	22,20
Corriente de cortocircuito	A	3,30	3,50
Conexión		Caja de conexión	
Voltaje max. funct. del syst.	V	600	
Diodos de protección		Opcionales	
Peso	kg	5,50	
Temp. uso y almacenamiento	°C	-40 / +55	
Humedad relativa		0 a 100%	
Garantía	Años	25	

* Datos en ambiente marítimo / costero
Datos tipicos @ 25°C irradiacion 1.000W/m² AM 1.5 Celula 25°C
** Min. Valores ** Potencia minima
Fecha Vidrio Garantizado - TE500-50/14 60 Hz
Normas: Modulo certificado IEC 61215



APLICACIONES :
- Telecomunicacione
- Protección catodica
- Bombeo
- Señalización
- Electrificación rural
- Casas privadas



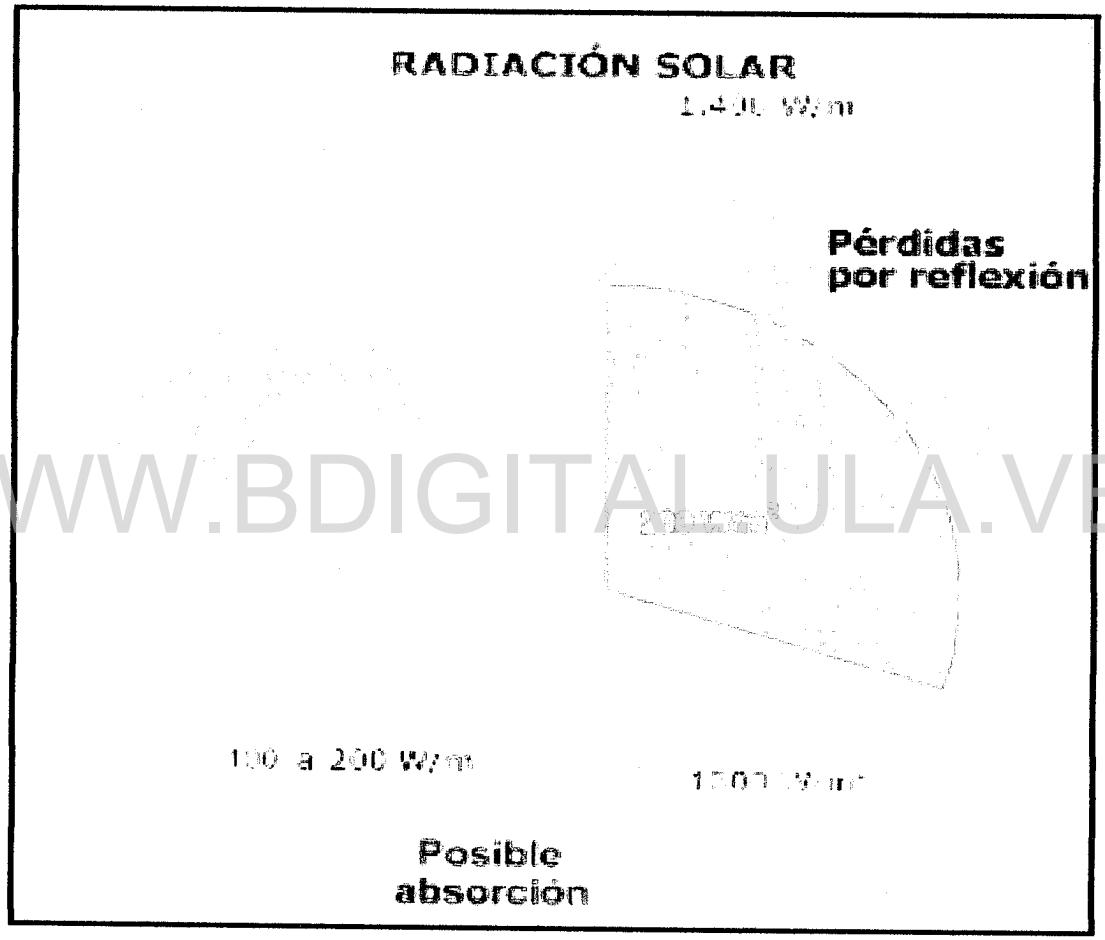
Características del módulo fotovoltaico modelo TE 500 suministradas por el fabricante.

www.total-energie-ar.com/pdf/modulo_fotovoltaico_TE500-50_55_W.pdf

WWW.BIDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-4: Esquema de radiación solar



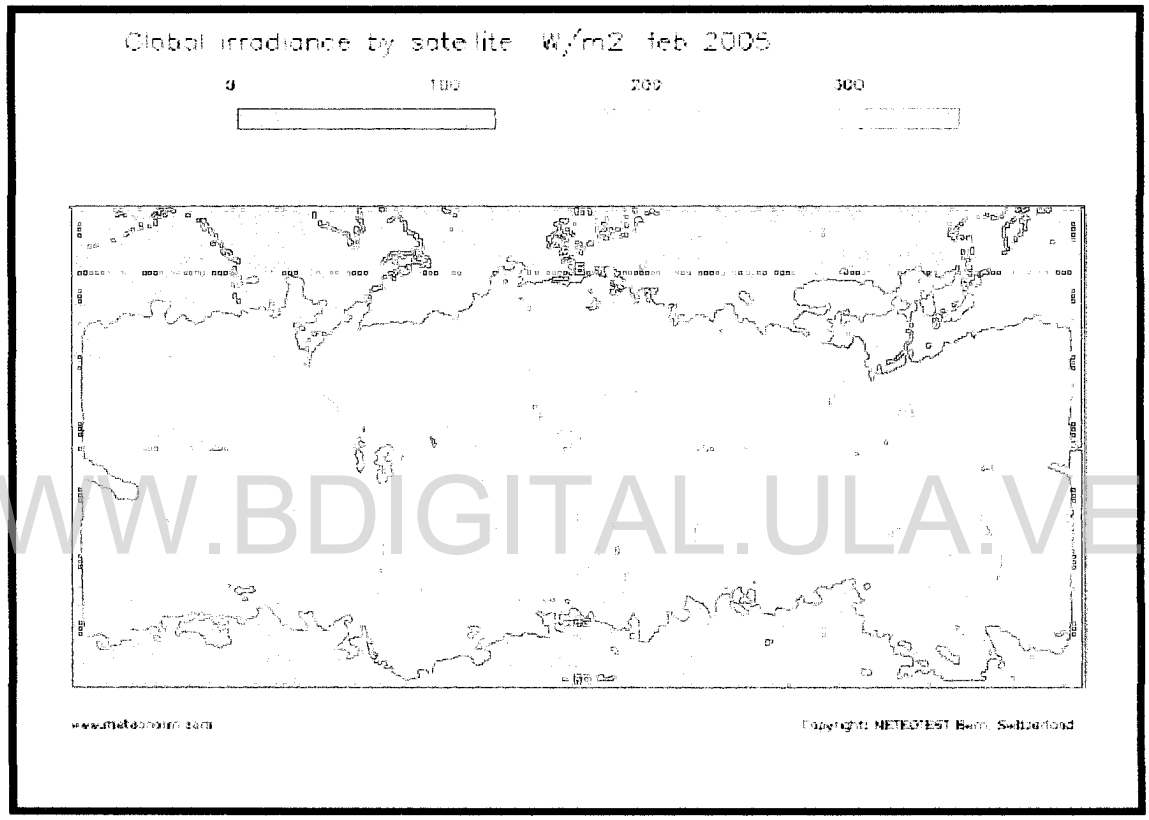
Radiación solar aprovechable.

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-5: Mapa mundial representativo de la radiación total



Mapa satelital demostrativo de la irradiancia total incidente en la superficie terrestre

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-6: Piranómetro

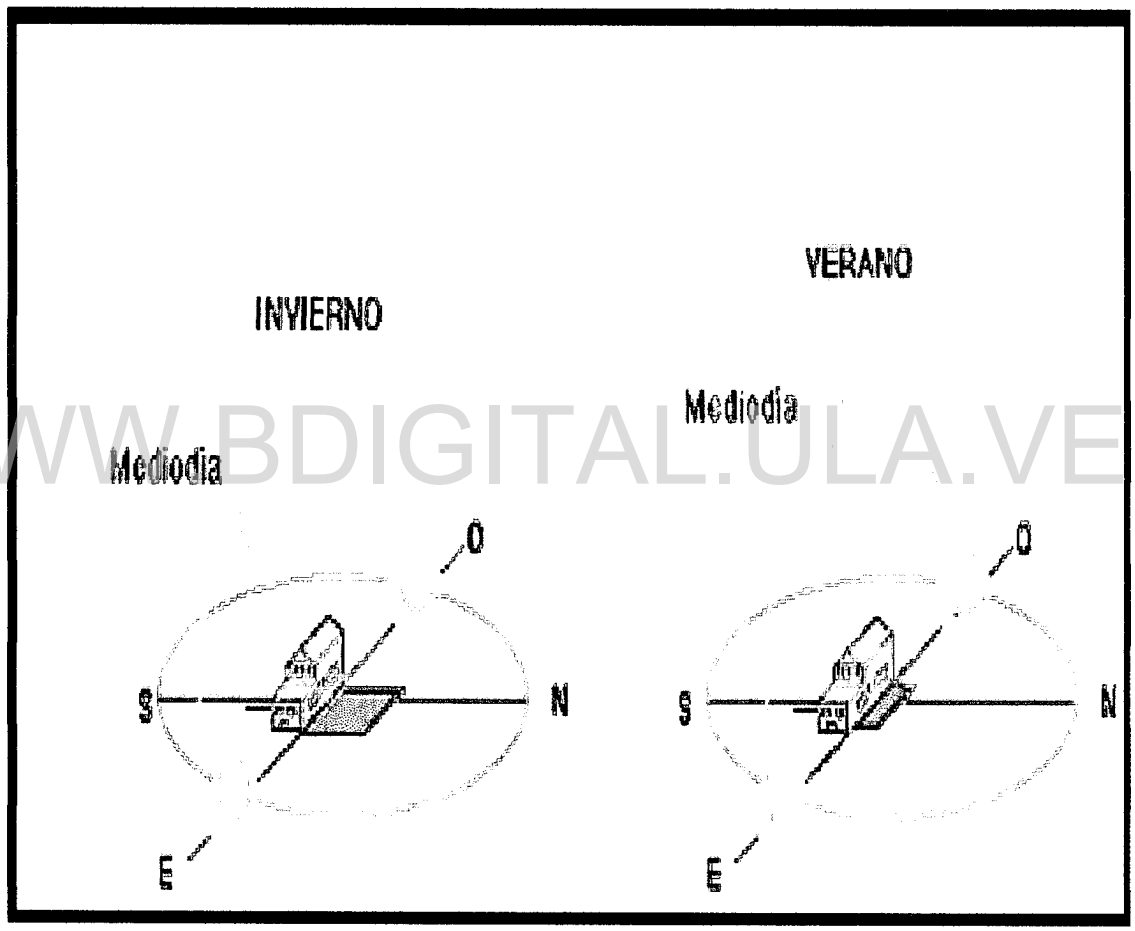
WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Piranómetro con un sistema para registrar la radiación difusa

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-7: Movimiento aparente del sol en un punto fijo en la superficie terrestre



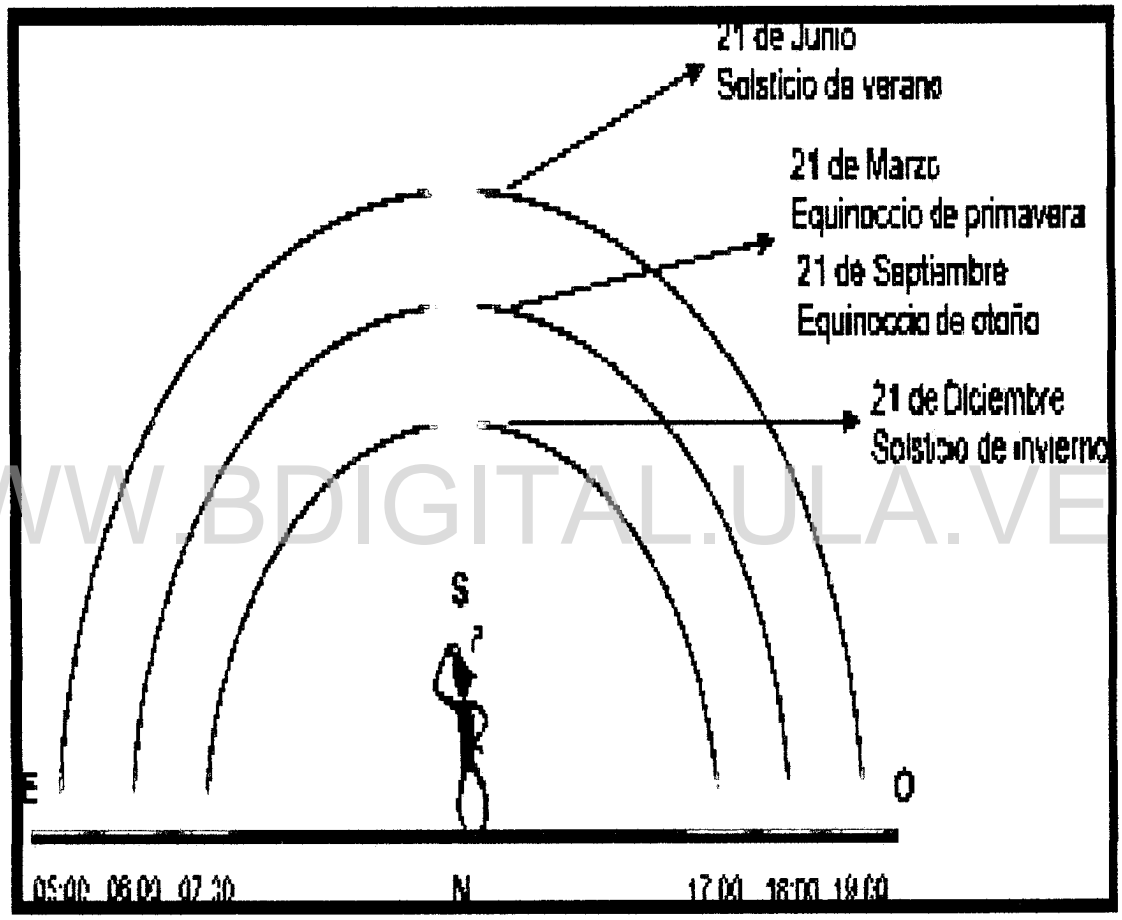
Movimiento aparente del sol en función de la hora del día y la época del año.

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-8: Posición del sol en función de las estaciones



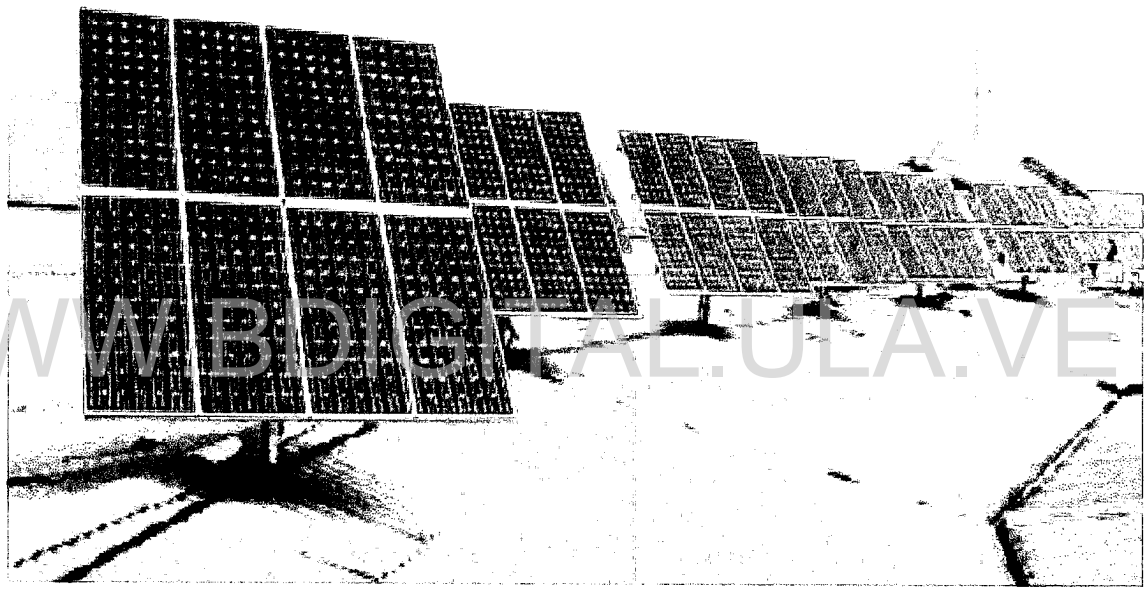
Posición solar según las estaciones

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A-9: Planta fotovoltaica



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Planta fotoeléctrica instalada

www.oadl.dip-caceres.org/almacen/documentos/ficheros/UD01ConceptosPrincipiosBasicos.pdf

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Anexo B

Programas

B-1 Página principal

Es invocado con el nombre de pagina.HTML.

```
<!-- proyecto de energía solar. -->
<HTML>
<HEAD>
 <meta content="text/html; charset=ISO-8859-1" http-equiv="content-type">
 <TITLE>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</TITLE>
</HEAD>
<FRAMESET ROWS="18%,*">
 <FRAME SRC="encabezado.html">
<FRAMESET COLS="25%, *">
 <FRAME SRC="mi_indice.html">
 <FRAME SRC="hoja_trabajo.html" NAME="principal">
</FRAMESET>
</FRAMESET>
<NOFRAMES>
<P>Pulsa para visitar mi <A HREF="PRINCIPAL.html"> página</A>.
</NOFRAMES>
</HTML>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

B-2 Encabezado de la página

Es invocado con el nombre de Encabezado.HTML.

```
<html>
 <head>
  <meta content="text/html; charset=ISO-8859-1" http-equiv="content-type">
  <title>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</title>
 </head>
 <BODY BGCOLOR="#000000" TEXT="#0000FF">
  <CENTER>
  <FONT SIZE=+2><STRONG>
  <P>MODELADO Y SIMULACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
  <BR><FONT COLOR="#FF0000">Postgrado de modelado y simulaci&oacuten de
sistemas</FONT>
  </STRONG>
  </FONT>
  </CENTER
 </body>
</html>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-3 Índice de página web

Ventana contentiva del índice de programas que se pueden ejecutar (mi_indice.HTML).

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE> Indice </TITLE>
</HEAD>
<BODY BGCOLOR="#FFBB00">
  <img src = "Puesta de sol.jpg" height = "150" width = "150" />
  <hr>
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
<p><strong>Haga clic en el programa que quiere ejecutar.</strong></p>
<!-- crear hipervinculos -->
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_1.php"
TARGET="principal">CONFIGURACION ADECUADA</a>
</p>
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_2.php"
TARGET="principal">POTENCIA DE TRABAJO</a>
</p>
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_3.php"
TARGET="principal">SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME</a>
</p>
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_4.php"
TARGET="principal">SIMULADOR CON DISTRIBUCION UNIFORME ESCALON</a>
</p>
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_5.php"
TARGET="principal">SIMULADOR CON DISTRIBUCION BINOMIAL</a>
</p>
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_6.php"
TARGET="principal">SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL</a>
</p>
<p>
  <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_7.php"
TARGET="principal">SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL Y CONSUMO
REGULADO</a>
</p>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_8.php"
TARGET="principal">SIMULADOR CON DISTRIBUCION NORMAL, CONSUMO REGULADO
Y PERIODOS LARGOS</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/ESTADISTICAS.php"
TARGET="principal">ESTADISTICAS DEL ULTIMO MODELO EJECUTADO</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_9.php" TARGET="principal">TIPOS DE
BATERIAS</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_10.php" TARGET="principal">TIPOS
DE MODULOS</a>
  </p>
</BODY>
</HTML>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-4 Hoja de trabajo de la página web

Ventana en donde se introducirá la información necesaria y se colocarán los resultados obtenidos (hoja_trabajo.HTML).

```
<html>
 <head>
  <meta content="text/html; charset=ISO-8859-1" http-equiv="content-type">
  <title>SITIO PARA INTERACTUAR CON EL SISTEMA</title>
 </head>
 <BODY>
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
  <I>
  <CENTER>
  <FONT SIZE=+2><STRONG>
  <P>Hoja de trabajo
  </STRONG>
  </FONT>
  <hr>
  </CENTER>
  </I>
 </body>
</html>
```

B-5 Página web alterna

Ventana contentiva del índice de programas que se pueden ejecutar, en aquellos casos en donde el navegador no soporta frames (principal.HTML).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

```
<!-- proyecto de energía solar. -->
<html>
 <head>
  <meta content="text/html; charset=ISO-8859-1" http-equiv="content-type">
  <title>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</title>
 </head>
 <body>
  <h1>MODELADO Y SIMULACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</h1><br>
  <h2>Postgrado de modelado y simulaci&oacuten de sistemas</h2>
  <img src = "coloso.png" height = "238" width = "500" />
  <hr>
  <p><strong>Haga clic en el programa que quiere ejecutar.</strong></p>
  <!-- crear CINCO hipervinculos -->
  <p>
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_1.php">CONFIGURACION
ADECUADA</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_2.php">POTENCIA DE TRABAJO</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_3.php">SIMULADOR CON
DISTRIBUCION UNIFORME
ESCALON</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_4.php">SIMULADOR CON
DISTRIBUCION UNIFORME</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_5.php">SIMULADOR CON
DISTRIBUCION BINOMIAL</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_6.php">SIMULADOR CON
DISTRIBUCION NORMAL</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_7.php">SIMULADOR CON
DISTRIBUCION NORMAL Y CONSUMO REGULADO</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_8.php">SIMULADOR CON
DISTRIBUCION NORMAL, CONSUMO
REGULADO Y PERIODOS LARGOS</a>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/ESTADISTICAS.php">ESTADISTICAS DEL
ULTIMO MODELO
EJECUTADO</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_9.php">TIPOS DE BATERIAS</a>
  </p>
  <p>
    <a href = "http://127.0.0.1/home/proyectos/piloto_10.php">TIPOS DE MODULOS</a>
  </p>
 </body>
</html>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-6 Anclaje a configuración adecuada

Llamada de PHP al programa GLIDER que genera la configuración adecuada (piloto1.php).

```
<hr/>
<pre>
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea1 = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\C_OPTIMA.exe');
?>
</pre>
<hr/>
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

B-7 Anclaje a potencia de trabajo

Llamada de PHP al programa GLIDER que calcula la potencia de trabajo en función de la temperatura ambiental (piloto2.php).

```
<hr/>
<pre>
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea2 = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\POTENCIA_T.exe');
?>
</pre>
<hr/>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-8 Anclaje a simulador uniforme

Llamada de PHP al programa GLIDER que ejecuta el simulador con distribución uniforme (piloto3.php).

```
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\FOTOVOLT_2.exe');
 //echo "SE EJECUTO FOTOVOLT_2---";
?>
```

B-9 Anclaje a simulador uniforme escalón

Llamada de PHP al programa GLIDER que ejecuta el simulador con distribución uniforme escalón (piloto4.php).

```
<?php
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\FOTOVOLT_1.exe');
 //echo "SE EJECUTO FOTOVOLT_1---";
?>
```

B-10 Anclaje a simulador binomial

Llamada de PHP al programa GLIDER que ejecuta el simulador con distribución binomial (piloto5.php).

```
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\FOTOVOLT_4.exe');
 //echo "SE EJECUTO FOTOVOLT_6---";
?>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-11 Anclaje a simulador normal

Llamada de PHP al programa GLIDER que ejecuta el simulador con distribución normal denominado piloto6.php.

```
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\FOTOVOLT_6.exe');
 //echo "SE EJECUTO FOTOVOLT_6---";
?>
```

B-12 Anclaje a simulador normal regulado

Llamada de PHP al programa GLIDER que ejecuta el simulador con distribución normal y consumo regulado el cual es denominado piloto7.php.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\FOTOVOLT_7.exe');
 //echo "SE EJECUTO FOTOVOLT_7---";
?>
```

B-13 Anclaje a simulador normal, regulado y de períodos largos

Llamada de PHP al programa GLIDER que ejecuta el simulador con distribución normal, consumo regulado y períodos largos el cual es denominado piloto8.php.

```
<?php
 set_time_limit(3600);
 $ultima_linea = system('C:\dGlider\Projects\Gpl\FOTOVOLT_8.exe');
 //echo "SE EJECUTO FOTOVOLT_8---";
?>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-14 Tabla tipos de baterías

Programa en PHP que muestra por pantalla, los tipos de baterías existentes en el mercado (piloto_9.php).

```
<?php
 $archivo="http://127.0.0.1/home/proyectos/baterias.def";
  if (!($fp=fopen($archivo,"r"))){
   die("No se encontro $archivo");
 }
 //lo mostramos por pantalla
 $texto=fread($fp,5000);
 fclose($fp);
?>
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
<pre>
<?php
 echo "<b>$texto</b>";
?>
</pre>
```

B-15 Tabla tipos de módulos

Programa en PHP que muestra por pantalla, los tipos de baterías existentes en el mercado (piloto_10.php).

```
<?php
 $archivo="http://127.0.0.1/home/proyectos/modulos.def";
  if (!($fp=fopen($archivo,"r"))){
   die("No se encontro $archivo");
  }
 //lo mostramos por pantalla
 $texto=fread($fp,5000);
 fclose($fp);
?>
<pre>
<?php
 echo "<b>$texto</b>";
?>
</pre>
```

B-16 Estadísticas obtenidas

Programa en PHP que muestra el archivo tipo texto contentivo de los resultados obtenidos al ejecutar un simulador (ESTADISTICAS.php).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
<?php
 $file = '$con1';
 $newfile = 'con1.txt';
 if (!copy($file, $newfile)) {
  echo "no copio elarchivo $file...\n";
 }
 $archivo="http://127.0.0.1/home/proyectos/CON1.txt";
 //comprobamos si podemos leer el archivo y creamos el puntero
 if (!($fp=fopen($archivo,"r"))){
  die("No se encontro $archivo");
 }
 //lo mostramos por pantalla
 $texto=fread($fp,5000);
 fclose($fp);
?>
<pre>
<?php
 echo "<b>$texto</b>";
?>
</pre>
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-17 Configuración adecuada

El siguiente programa, desarrollado GLIDER, es el encargado de obtener el número de paneles y baterías necesarios para satisfacer los requerimientos de carga (C_OPTIMA.GLD).

```
NETWORK
OPTIMA(A) ::
 WRITELN;
 R:=(1-KB-KC-KV)*(1-(KA*N/PD));
 WRITELN('RENDIMIENTO GLOGAL==> ',R:7:2);
 WRITELN;
 E:=E_TEO/R;
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 WRITELN('CONSUMO ENERGETICO TEORICO==> ',E_TEO:7:2);
 WRITELN;
 WRITELN('CONSUMO ENERGETICO REAL==>    ',E:7:2);
 C:=(E*N)/(V*PD);
 WRITELN;
 WRITE('CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERIAS DEBE SER MAYOR QUE==> ',C+1:5:0);
 WRITELN(' amperios ');
 WRITE('PARA BATERIAS DE==> ',V:2);
 WRITELN('  voltios');
 NP:=E/(0.9*WP*HPS);
 IF (NP/INT(NP)>1) THEN NP:=INT(NP)+1;
 WRITELN;
 WRITELN('NUMERO DE PANELES SOLARES NECESARIOS==>',NP:7:0);
 F:=(NP*0.9*WP*HPS)/E;
 WRITELN;
 WRITELN('RELACION ENTRE LA ENERGIA FV DISPONIBLE Y CONSUMIDA==> ',F:7:2);
 PAUSE;
 ENDSIMUL;
INIT
(*CONSUMO ENERGETICO TEORICO Wh DIARIOS*)
E_TEO:=1000;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI E_TEO:9:2:CONSUMO ENERGETICO TEORICO W x h;
 IF (E_TEO>0) AND (E_TEO<=100000) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*COEFICIENTE PERDIDAS DEL ACUMULADOR*)
(* 0,05 EN SISTEMAS QUE NO DEMANDEN CARGAS INTENSAS *)
(* 0,10 EN SISTEMAS CON DESCARGAS PROFUNDAS*)
KB:=0.10;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI KB:4:2:COEF PERDIDAS DEL ACUMULADOR 0,05 o 0,10;
 IF (KB>=0.05) AND (KB<0.0501) THEN MARCA:=TRUE;
 IF (KB>=0.10) AND (KB<0.1001) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*COEFICIENTE PERDIDA DEL CONVERTIDOR*)
(*0,05 PARA CONVERTIDORES SENOIDALES PUROS EN REGIMEN OPTIMO*)
(*0,10 EN OTRAS CONDICIONES DE TRABAJO LEJOS DEL OPTIMO*)
KC:=0.05;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI KC:9:2:COEF PERDIDAS DEL CONVERTIDOR 0,05 o 0,10;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 IF (KC>=0.05) AND (KC<0.051) THEN MARCA:=TRUE;
 IF (KC>=0.10) AND (KC<0.101) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*COEFICIENTE PERDIDAS VARIAS COMO EL PENDIMIENTO DE LA RED Y OTROS *)
(*0,05 A 0,15 COMO VALORES DE REFERENCIA*)
KV:=0.10;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI KV:9:2:COEF PERDIDAS VARIAS de 0,05 a 0,15  ;
 IF (KV>=0.05) AND (KV<=0.15001) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*COEFICIENTE DE AUTODESCARGA DIARIO*)
(*0,002 PARA BATERIAS DE BAJA AUTODESCARGA Ni-Cd*)
(*0,005 PARA BATERIAS ESTACIONARIAS DE Pb-ACIDO,SON LAS MAS HABITUALES*)
(*0,012 PARA BATERIAS DE ALTA AUTODESCARGA,ARRANQUE DE AUTOMOVILES*)
KA:=0.005;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI KA:9:3:COEF DE AUTODESCARGA 0,002/0,005/0,012;
 IF (KA>=0.002) AND (KA<0.00201) THEN MARCA:=TRUE;
 IF (KA>=0.005) AND (KA<0.00501) THEN MARCA:=TRUE;
 IF (KA>=0.012) AND (KA<0.01201) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*DIAS DE AUTONOMIA DE LA INSTALACION VALORES DE REFERENCIA DE 4 A 10 DIAS*)
N:=4;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI N:2: AUTONOMIA DE INSTALACION DE 4 A 10 dias;
 IF (N>=4) AND (N<=10) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*PROFUNDIDAD DE DESCARGA DE LA BATERIA,NO PUEDE EXCEDER EL 80
PORCIENTO*)
(*DE LA CAPACIDAD NOMINAL DEL ACUMULADOR Y VARIA DE 50 A 80 PORCIENTO*)
PD:=70;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI PD:9:2:PROFUNDIDAD DE DESCARGA DE BAT.(50 a 80%);
 IF (PD>=50) AND (PD<=80) THEN MARCA:=TRUE;
END;
PD:=PD/100;
(*TENSION NOMINAL DEL ACUMULADOR, ES 12 o 24 VOLTIOS*)
V:=12;
MARCA:=FALSE;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI V:3:TENSION NOMINAL DEL ACUMULADOR 12 o 24;
 IF (V=12) OR (V=24) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*POTENCIA PICO DE CADA PANEL SOLAR EN VATIOS*)
WP:=100;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI WP:9:2:POTENCIA PICO DE CADA PANEL 5 a 300 Wp;
 IF (WP>=5) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*HORAS PICO SOLAR EN EL MES EN HORAS ES IGUAL A RADIACION DEL DIA*)
HPS:=2.257;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI HPS:9:3:Radiacion diaria media del peor mes (KWH/M2*DIA);
 IF (HPS>=1.5) AND (HPS<=8) THEN MARCA:=TRUE;
END;
ACT(OPTIMA,0);
DECL
VAR E_TEO,KB,KC,KV,KA,PD,R,E,C,WP,NP,HPS,F:REAL;
  N,V:INTEGER;
   MARCA:BOOLEAN;
END.
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

B-18 Potencia de trabajo

Programa en GLIDER que genera la potencia de trabajo de los paneles en función de la temperatura ambiental (POTENCIA_T.GLD).

```
POTENCIA DE TRABAJO A TEMPETATURA MAXIMA
NETWORK
P_TRABAJO(A) ::
 WRITELN;
 TT:=TA+K*RAD;
 WRITELN('TEMPERATURA DE TRABAJO   ',TT:7:2);
 DELTA_T:=TT-25;
 WRITELN;
 WRITELN('INCREMENTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS 25°C  ',DELTA_T:7:2);
 PT:=(PPICO)-(PPICO*(DELTA/100)*DELTA_T);
 WRITELN;
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
  WRITELN('POTENCIA DE TRABAJO    ',PT:7:2);
  PAUSE;
  ENDSIMUL;
INIT
TA:=30;    (* MAXIMA TEMPERATURA AMBIENTE                    *)
RAD:=80;   (* RADIACION SOLAR EN mW/cm2 que varia entre 80 y 100mW/cm2 *)
K:=0.3;    (* COEFICIENTE QUE VARIA ENTRE 0,2 y 0,4 °C.cm2/mW        *)
PPico:=60; (* POTENCIA PICO DEL PANEL A 25 GRADOS CENTIGRADOS        *)
DELTA:=0.6; (* COEFICIENTE DE DEGRADACION (0,6%/°C)                *)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI TA:9:2:MAX TEMP AMBIENTAL EN JUNIO en °C;
  IF (TA>=0) AND (TA<=80) THEN MARCA:=TRUE;
END;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI RAD:9:2:RADIACION SOLAR EN mW/cm2 (de 80 a 100mW/cm2);
  IF (RAD>=80) AND (RAD<=100) THEN MARCA:=TRUE;
END;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI K:9:2:COEF QUE VARIA ENTRE 0,2 y 0,4 °C x cm2/mW;
  IF (K>=0.2) AND (K<=0.4) THEN MARCA:=TRUE;
END;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI PPICO:9:2:POTENCIA PICO DEL PANEL A 25°C de 10 a 150;
  IF (PPICO>=10) AND (PPICO<=150) THEN MARCA:=TRUE;
END;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI DELTA:9:2:COEF DE DEGRADACION (de 0,4 a 0,6%/°C);
  IF (DELTA>=0.4) AND (DELTA<=0.6) THEN MARCA:=TRUE;
END;
ACT(P_TRABAJO,0);
DECL
  VAR TA,RAD,K,PPICO,DELTA,DELTA_T,TT,PT:REAL;
  MARCA: BOOLEAN;
END.
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

B-19 Simulador con distribución uniforme

El siguiente programa desarrollado en GLIDER, simula un sistema fotovoltaico considerando que la radiación solar es distribuida uniformemente (FOTOVOLT_2.GLD).

```
NETWORK
 (*RADDIA Y RADNOCHE SIMULAN LA GENERACION DE RADIACION*)
 RADDIA(I) PANEL ::IT:=1/(IRRA*1000/13);
 RADNOCHE(I) PANEL :: IT:= 24;
 (*PANEL SIMULA LA GENERACION DE VATIOS A TRAVES DE LA RADIACION INCIDENTE*)
 PANEL(R) C_CARGA,W_PERDIDOS :: RELEASE IF BER(WP/1000) THEN
SENDTO(C_CARGA)
                        ELSE SENDTO(W_PERDIDOS);
                    STAY:=0;
 (*C_CARGA SIMULAN EL CONTROLADOR DE CARGA*)
 C_CARGA(D) BATERIA,PERD_BAT :: IF (LL(IL_BATERIA)<=CAPAC) THEN
SENDTO(BATERIA)
                    ELSE SENDTO(PERD_BAT);
 (*BATERIA SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
 BATERIA(R) BOM1,BOM2,TV,NEV,LIC,LAV,E_S ::
        RELEASE BEGIN
          AUX:=UNIF(0,10);
          IF (AUX>0) AND (AUX<2)    THEN SENDTO(BOM1);
          IF (AUX>2) AND (AUX<4)    THEN SENDTO(BOM2);
          IF (AUX>4) AND (AUX<5)    THEN SENDTO(TV);
          IF (AUX>5) AND (AUX<8)    THEN SENDTO(NEV);
          IF (AUX>8) AND (AUX<8.5)  THEN SENDTO(LIC);
          IF (AUX>8.5) AND (AUX<9.5) THEN SENDTO(LAV);
          IF (AUX>9.5) AND (AUX<10)  THEN SENDTO(E_S);
        END;
        IF (LL(IL_BATERIA)>=MINIMA) THEN BEGIN
          STAY :=GAUSS(25,2);
        END ELSE BEGIN
          STAY :=HORAS+1;
        END;
 (*SIMULA LOS ELEMENTOS DE CONSUMO COMO BOMBILLOS,NEVERAS Y OTROS*)
 BOM1(E) ::
 BOM2(E) ::
 TV(E)  ::
 NEV(E)  ::
 LIC(E)  ::
 LAV(E)  ::
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 E_S(E) ::
 (* SI LA BATERIA TIENE CARGA COMPLETA, ENTONCES LOS *)
 (* VATIOS ADICIONALES, EN ESTE MODELO, SE PIERDEN   *)
 PERD_BAT(E) ::
 (* DE LA RADIACION TOTAL, SE APROVECHA UN PORCENTAJE *)
 W_PERDIDOS(E) ::ACT(GRA,0);
 (* AYUDA A SIMULAR EL DIA Y LA NOCHE *)
 CONTROL(A) :: DEACT(RADDIA);
 START (A) BATERIA VAR I:INTEGER; ::
  FOR I:=0 TO (CAPAC-1) DO BEGIN
   CREATE(RADDIA)
   SENDTO(BATERIA);
  END;
 GRA(A) :: GRAPH(0,100 ,BLACK,Radiacion; TIME:6:2,WHITE;
          ENTR(EL_PANEL):6:0,Radiacion,0,(IRRA*DIAS*1000+5),RED);
       GRAPH(0,100,BLACK,CARGA; TIME:6:2,WHITE;
           (LL(IL_BATERIA)/VOLT):6:0,CARGA,0,(CAPAC/VOLT+10),GREEN);
       GRAPH(0,80,BLACK,NEVERA; TIME:6:2,WHITE;
           ENTR(EL_NEV):6:0,NEVERA,0,5000,GREEN);
INIT
 ABIERTA:=FALSE;
 BATERIA:=MAXREAL;
 PANEL:= MAXREAL;
 ACT(START,0);
 ACT(RADNOCHE,0);
 {INICIALIZACION Y VALIDACION DE PARAMETROS}
 VOLT:=12;  (*VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI VOLT:9:VOLTAJE BATERIAS (12 o 24);
  IF (VOLT=12) OR (VOLT=24) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=900; (*CAPÀCIDAD DE BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI CAPAC:9:CAPACIDAD DE BATERIA";
  IF (CAPAC>0) AND (CAPAC<5000) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 MINIMA:=270; (*MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI MINIMA:9:2:MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA;
  IF (MINIMA>=0) AND (MINIMA<=(CAPAC/3)) THEN MARCA:=TRUE;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 END;
 CAPAC:=CAPAC*VOLT;
 MINIMA:=MINIMA*VOLT;
 WP:=100;     (*VATIOS PICO DEL PANEL*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI WP:9:2:VATIOS PICO DEL PANEL;
  IF (WP>=5) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 N:=4;  (*NUMERO DE PANELES USADOS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI N:9:2:NUMERO DE PANELES USADOS;
  IF (N>=1) AND (N<=100) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 IRRA:=5.532;  (*IRRADIANCIA DEL MES A EVALUAR EN kwh/(m2*dia)*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI IRRA:9:2:IRRADIANCIA kwh/(m2*dia);
  IF (IRRA>=1) AND (IRRA<=10) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 IRRA:= IRRA*N;
 HORAS:=144;  (*TIEMPO DE SIMULACION EN DIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI HORAS:4:TIEMPO DE SIMULACION en HORAS;
  IF (HORAS>=24) AND (HORAS<=2400) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 TMAXP:=35;  (*TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI TMAXP:4:2:TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO C;
  IF (TMAXP>=15) AND (TMAXP<=60) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 TMINP:=15;  (*TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI TMINP:4:2:TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO C;
  IF (TMINP>=0) AND (TMINP<=45) AND (TMINP<TMAXP) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 DIAS:= HORAS/24;
 TSIM:=HORAS;
 K:=0;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 J:=0;
 FOR M:=0 TO HORAS DO
  IF (M=(6+K*13+J*11)) THEN
   IF (k=J) THEN BEGIN
    K:=K+1;
    ACT(RADDIA,M);
   END ELSE BEGIN
    J:=J+1;
    ACT(CONTROL,M);
   END;
DECL
 VAR CAPAC,VOLT,HORAS,K,J,M,I: INTEGER;
   TMAXP,TMINP,DIAS,AUX,IRRA,N,WP,MINIMA: REAL;
   ABIERTA,MARCA: BOOLEAN;
 STATISTICS ALLNODES;
END.
```

B-20 Simulador con distribución uniforme escalón

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

El siguiente programa desarrollado en GLIDER, simula un sistema fotovoltaico considerando que la radiación solar es distribuida de manera uniforme con un escalón incremental (FOTOVOLT_1.GLD).

```
NETWORK
 (*RADDIA Y RADNOCHE SIMULAN LA GENERACION DE RADIACION*)
 RADDIA(I) PANEL ::IT:=1/(IRRA*0.4*1000/13);
 RADINTENSA(I) PANEL :: IT:=1/(IRRA*0.6*1000/4);
 RADNOCHE(I) PANEL :: IT:= 24;
 (*PANEL SIMULA LA GENERACION DE VATIOS A TRAVES DE LA RADIACION INCIDENTE*)
 PANEL(R) C_CARGA,W_PERDIDOS :: RELEASE IF BER(WP/1000) THEN
SENDTO(C_CARGA)
                    ELSE SENDTO(W_PERDIDOS);
                 STAY:=0;
 (*C_CARGA SIMULAN EL CONTROLADOR DE CARGA*)
 C_CARGA(D) BATERIA,PERD_BAT :: IF (LL(IL_BATERIA)<=CAPAC) THEN
SENDTO(BATERIA)
                 ELSE SENDTO(PERD_BAT);
 (*BATERIA SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
 BATERIA(R) BOM1,BOM2,TV,NEV,LIC,LAV,E_S ::
        RELEASE BEGIN
          AUX:=UNIF(0,10);
          IF (AUX>0) AND (AUX<2)    THEN SENDTO(BOM1);
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
            IF (AUX>2) AND (AUX<4)    THEN SENDTO(BOM2);
            IF (AUX>4) AND (AUX<5)    THEN SENDTO(TV);
            IF (AUX>5) AND (AUX<8)    THEN SENDTO(NEV);
            IF (AUX>8) AND (AUX<8.5)  THEN SENDTO(LIC);
            IF (AUX>8.5) AND (AUX<9.5) THEN SENDTO(LAV);
            IF (AUX>9.5) AND (AUX<10)  THEN SENDTO(E_S);
          END;
          IF (LL(IL_BATERIA)>=MINIMA) THEN BEGIN
            STAY :=GAUSS(30,6);
          END ELSE BEGIN
            STAY :=HORAS+1;
          END;
  (*SIMULA LOS ELEMENTOS DE CONSUMO COMO BOMBILLOS, NEVERAS Y OTROS*)
  BOM1(E) ::
  BOM2(E) ::
  TV(E)  ::
  NEV(E)  ::
  LIC(E)  ::
  LAV(E)  ::
  E_S(E)  ::
  (*  SI LA BATERIA TIENE CARGA COMPLETA, ENTONCES LOS  *)
  (*  VATIOS ADICIONALES, EN ESTE MODELO, SE PIERDEN   *)
  PERD_BAT(E) ::
  (*  DE LA RADIACION TOTAL, SE APROVECHA UN PORCENTAJE  *)

  W_PERDIDOS(E) ::ACT(GRA,0);
  (* AYUDA A SIMULAR EL DIA Y LA NOCHE *)
  CONTROL(A) :: DEACT(RADDIA);
  CONTROL_1(A) :: DEACT(RADINTENSA);
  START (A) BATERIA VAR I:INTEGER;  ::
   FOR I:=0 TO (CAPAC-1) DO BEGIN
    CREATE(RADDIA)
    SENDTO(BATERIA);
   END;
  GRA(A) :: GRAPH(0,100 ,BLACK,Radiacion; TIME:6:2,WHITE;
            ENTR(EL_PANEL):6:0,Radiacion,0,(IRRA*DIAS*1000+5),RED);
        GRAPH(0,100,BLACK,CARGA; TIME:6:2,WHITE;
            (LL(IL_BATERIA)/VOLT):6:0,CARGA,0,(CAPAC/VOLT+10),GREEN);
        GRAPH(0,80,BLACK,NEVERA; TIME:6:2,WHITE;
            ENTR(EL_NEV):6:0,NEVERA,0,5000,GREEN);
INIT
  ABIERTA:=FALSE;
  BATERIA:=MAXREAL;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
PANEL:= MAXREAL;
ACT(START,0);
ACT(RADNOCHE,0);
{INICIALIZACION Y VALIDACION DE PARAMETROS}
VOLT:=12;  (*VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI VOLT:9:VOLTAJE BATERIAS (12 o 24);
 IF (VOLT=12) OR (VOLT=24) THEN MARCA:=TRUE;
END;
CAPAC:=900;  (*CAPÀCIDAD DE BATERIA*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI CAPAC:9:CAPACIDAD DE BATERIA";
 IF (CAPAC>0) AND (CAPAC<5000) THEN MARCA:=TRUE;
END;
MINIMA:=270;  (*MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI MINIMA:9:2:MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA;
 IF (MINIMA>=0) AND (MINIMA<=(CAPAC/3)) THEN MARCA:=TRUE;
END;
CAPAC:=CAPAC*VOLT;
MINIMA:=MINIMA*VOLT;
WP:=100;     (*VATIOS PICO DEL PANEL*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI WP:9:2:VATIOS PICO DEL PANEL;
 IF (WP>=5) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
END;
N:=4;  (*NUMERO DE PANELES USADOS*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI N:9:2:NUMERO DE PANELES USADOS;
 IF (N>=1) AND (N<=100) THEN MARCA:=TRUE;
END;
IRRA:=5.532;  (*IRRADIANCIA DEL MES A EVALUAR EN kwh/(m2*dia)*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI IRRA:9:2:IRRADIANCIA kwh/(m2*dia);
 IF (IRRA>=1) AND (IRRA<=10) THEN MARCA:=TRUE;
END;
IRRA:= IRRA*N;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 HORAS:=144;  (*TIEMPO DE SIMULACION EN DIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI HORAS:4:TIEMPO DE SIMULACION en HORAS;
  IF (HORAS>=24) AND (HORAS<=2400) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 TMAXP:=35;  (*TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI TMAXP:4:2:TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO C;
  IF (TMAXP>=15) AND (TMAXP<=60) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 TMINP:=15;  (*TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI TMINP:4:2:TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO C;
  IF (TMINP>=0) AND (TMINP<=45) AND (TMINP<TMAXP) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 DIAS:= HORAS/24;
 TSIM:=HORAS;
 K:=0;
 J:=0;
 FOR M:=0 TO HORAS DO
  IF (M=(6+K*13+J*11)) THEN
   IF (k=J) THEN BEGIN
    K:=K+1;
    ACT(RADDIA,M);
   END ELSE BEGIN
    J:=J+1;
    ACT(CONTROL,M);
   END;
 K:=1;
 FOR M:=0 TO HORAS DO BEGIN
  IF (M=(12*K)) THEN BEGIN
    K:=K+2;
    ACT(RADINTENSA,M-2);
    ACT(CONTROL_1,M+2);
  END;
 END;
DECL
 VAR CAPAC,VOLT,HORAS,K,J,M,I: INTEGER;
   TMAXP,TMINP,DIAS,AUX,IRRA,N,WP,MINIMA: REAL;
   ABIERTA,MARCA: BOOLEAN;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 STATISTICS ALLNODES;
END.
```

B-21 Simulador con distribución binomial

El siguiente programa desarrollado en GLIDER, simula un sistema fotovoltaico considerando la radiación solar distribuida binomialmente con parámetros p=0,6 y n=20. Es invocado con el nombre FOTOVOLT_4.GLD.

```
EL CONSUMO DISTRIBUIDO NORMALMENTE CON MEDIA Y VARIANZA DADOS
ORIENTADO A SIMULACIONES CORTAS
LA SIMULACIÓN ARRANCA EN MEDIANOCHE DEL PRIMER DIA
NETWORK
 (*RAD SIMULAN LA GENERACION DE RADIACION*)
 DISTRIBUCION(A) PANEL VAR S,J,FACTOR:INTEGER; ::
  BEGIN
   ACT(GRA,0);
   S:=TRUNC(TIME);
   WHILE (S>=24) DO S:=S-24;
   IF (DIST[S]>0)  THEN BEGIN
    FACTOR:=TRUNC(DIST[S]*IRRA*1000);
    FOR J:=0 TO FACTOR DO BEGIN
     CREATE(RAD)
     SENDTO(PANEL);
    END;
   END;
  END;
 (*PANEL SIMULA LA GENERACION DE VATIOS A TRAVES DE LA RADIACION
INCIDENTE*)
 PANEL(R) C_CARGA,W_PERDIDOS ::   RELEASE
                        IF BER(PT/1000) THEN SENDTO(C_CARGA)
                        ELSE SENDTO(W_PERDIDOS);
                       STAY:=0;
 (*C_CARGA SIMULAN EL CONTROLADOR DE CARGA*)
 C_CARGA(D) BATERIA,PERD_BAT :: IF (LL(IL_BATERIA)<=CAPAC) THEN
SENDTO(BATERIA)
                     ELSE SENDTO(PERD_BAT);
 (*SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
 BATERIA(R) BOM1,BOM2,TV,NEV,LIC,LAV,E_S ::
        RELEASE BEGIN
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
          AUX:=UNIF(0,10);
          IF (AUX>0) AND (AUX<2)    THEN SENDTO(BOM1);
          IF (AUX>2) AND (AUX<4)    THEN SENDTO(BOM2);
          IF (AUX>4) AND (AUX<5)    THEN SENDTO(TV);
          IF (AUX>5) AND (AUX<8)    THEN SENDTO(NEV);
          IF (AUX>8) AND (AUX<8.5)  THEN SENDTO(LIC);
          IF (AUX>8.5) AND (AUX<9.5) THEN SENDTO(LAV);
          IF (AUX>9.5) AND (AUX<10)  THEN SENDTO(E_S);
        END;
        IF (LL(IL_BATERIA)>=MINIMA) THEN BEGIN
          STAY :=GAUSS(25,5);
        END ELSE BEGIN
          STAY :=HORAS+1;
        END;
(*SIMULA LOS ELEMENTOS DE CONSUMO COMO BOMBILLOS NEVERAS Y OTROS*)
BOM1(E) ::
BOM2(E) ::
TV(E)  ::
NEV(E)  ::
LIC(E)  ::
LAV(E)  ::
E_S(E)  ::
(*  SI LA BATERIA TIENE CARGA COMPLETA, ENTONCES LOS  *)
(*  VATIOS ADICIONALES, EN ESTE MODELO, SE PIERDEN    *)
PERD_BAT(E) ::
(*  DE LA RADIACION TOTAL, SE APROVECHA UN PORCENTAJE  *)
W_PERDIDOS(E) ::
(* AYUDA A SIMULAR EL DIA Y LA NOCHE *)
START (A) BATERIA VAR I:INTEGER;  ::
 FOR I:=0 TO CAPAC DO BEGIN
  CREATE(RAD)
  SENDTO(BATERIA);
 END;
CONTROL(A) VAR AUXILIAR,K,DELTA,DELTA_T,IRRAD,TT:REAL;::
K:=0.3;   (*  COEFICIENTE QUE VARIA ENTRE 0,2 y 0,4 °C.cm2/mW  *)
DELTA:=0.6;(*  COEFICIENTE DE DEGRADACION (0,6%/°C)          *)
IRRAD:=80; (*  RADIACION SOLAR EN mW/cm2 que varia entre 80 y 100mW/cm2 *)
 BEGIN
  AUXILIAR:=UNIF(T_MIN,T_MAX);
  IF AUXILIAR>25 THEN BEGIN
     TT:=AUXILIAR+K*IRRAD;
     DELTA_T:=TT-25;
     PT:=(WP)-(WP*(DELTA/100)*DELTA_T);
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
      IRRADIANCIA:=UNIF(IRRA,IRRA+0.5);
    END ELSE BEGIN
      IRRADIANCIA:=UNIF(IRRA-0.5,IRRA);
    END;
  END;
 GRA(A) :: GRAPH(0,100 ,BLACK,Radiacion; TIME:6:2,WHITE;
          ENTR(EL_PANEL):6:0,Radiacion,0,(IRRA*DIAS*1000+5),RED);
        GRAPH(0,100,BLACK,CARGA; TIME:6:2,WHITE;
            (LL(IL_BATERIA)/VOLT):6:0,CARGA,0,(CAPAC/VOLT+10),GREEN);
        GRAPH(0,80,BLACK,NEVERA; TIME:6:2,WHITE;
            ENTR(EL_NEV):6:0,NEVERA,0,5000,GREEN);
INIT
 {INICIALIZACION Y VALIDACION DE PARAMETROS}
 VOLT:=12;  (*VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI VOLT:9:VOLTAJE BATERIAS (12 o 24);
  IF (VOLT=12) OR (VOLT=24) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=900;  (*CAPÀCIDAD DE BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI CAPAC:9:CAPACIDAD DE BATERIA";
  IF (CAPAC>0) AND (CAPAC<5000) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 MINIMA:=270;  (*MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI MINIMA:9:MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA;
  IF (MINIMA>=0) AND (MINIMA<=(CAPAC-1)) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=CAPAC*VOLT;
 MINIMA:=MINIMA*VOLT;
 WP:=100;     (*VATIOS PICO DEL PANEL*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI WP:9:2:VATIOS PICO DEL PANEL;
  IF (WP>=5) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 N:=4;  (*NUMERO DE PANELES USADOS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI N:9:NUMERO DE PANELES USADOS;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
    IF (N>=1) AND (N<=100) THEN MARCA:=TRUE;
   END;
   IRRA:=5.532;  (*IRRADIANCIA DEL MES A EVALUAR EN kwh/(m2*dia)*)
   MARCA:=FALSE;
   WHILE NOT MARCA DO BEGIN
    INTI IRRA:9:3:IRRADIANCIA kwh/(m2*dia);
    IF (IRRA>=1) AND (IRRA<=10) THEN MARCA:=TRUE;
   END;
   IRRA:= IRRA*N;
   HORAS:=144;  (*TIEMPO DE SIMULACION EN DIAS*)
   MARCA:=FALSE;
   WHILE NOT MARCA DO BEGIN
    INTI HORAS:4:0:TIEMPO DE SIMULACION en HORAS;
    IF (HORAS>=24) AND (HORAS<=2400) THEN MARCA:=TRUE;
   END;
   T_MIN:=12;  (*TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO DEL MES*)
   MARCA:=FALSE;
   WHILE NOT MARCA DO BEGIN
    INTI T_MIN:9:2:TEMPERATURA MINIMA PROM DEL MES °C;
    IF (T_MIN>=0) AND (T_MIN<=45) THEN MARCA:=TRUE;
   END;
   T_MAX:=38;  (*TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES*)
   MARCA:=FALSE;
   WHILE NOT MARCA DO BEGIN
    INTI T_MAX:9:2:TEMPERATURA MAXIMA PROM DEL MES °C;
    IF (T_MAX>T_MIN) AND (T_MAX<=70) THEN MARCA:=TRUE;
   END;
   BATERIA:=MAXREAL;
   PANEL:= MAXREAL;
   TSIM:=HORAS;
   DIAS:=HORAS/24;
   #DIST[0..23]:=(0,0,0,0,0,0.004,0.016,0.038,0.074,0.118,0.16,0.18,0.165,0.12,
            0.07,0.035,0.016,0,0,0,0,0,0,0);
   ACT(START,0);
   FOR Z:=0 TO TRUNC(HORAS) DO BEGIN
    ACT(CONTROL,Z);
    ACT(DISTRIBUCION,Z);
   END;
  DECL
   VAR Z,CAPAC,VOLT,N,MINIMA: INTEGER;
     DIAS,HORAS,AUX,IRRA,WP,IRRADIANCIA,T_MIN,T_MAX,PT: REAL;
     DIST: ARRAY[0..23] OF REAL;
     MARCA: BOOLEAN;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 MESSAGES RAD;
 STATISTICS ALLNODES;
END.
```

B-22 Simulador con distribución normal

El siguiente programa desarrollado en GLIDER, simula un sistema fotovoltaico considerando que la radiación solar es distribuida normalmente con media = 12 y desviación estándar = 2, es invocado con el nombre FOTOVOLT_6.GLD.

```
LA SIMULACIÓN ARRANCA EN MEDIANOCHE DEL PRIMER DIA
NETWORK
 (*RAD SIMULAN LA GENERACION DE RADIACION*)
 DISTRIBUCION(A) PANEL VAR J:INTEGER; S,A:DOUBLE; ::
  BEGIN
   {ACT(GRA,0);}
   S:=TIME;
   WHILE (S>=24) DO S:=S-24;
   {WRITELN(S:5:4);}
   A:= 1/(2*SQRT(2*PI))*EXP((S-12)*(12-S)/(2*4));
   { WRITELN('A==> ',A:13:6);}
   {WRITELN;}
   IF (A>0.005) THEN BEGIN
    FOR J:=0 TO TRUNC(A*IRRADIANCIA*1000/3)+1 DO BEGIN
     CREATE(RAD)
     SENDTO(PANEL);
    END;
   END;
  END;
 (*PANEL SIMULA LA GENERACION DE VATIOS A TRAVES DE LA RADIACION
INCIDENTE*)
 PANEL(R) C_CARGA,W_PERDIDOS ::   RELEASE
                        IF BER(PT/1000) THEN SENDTO(C_CARGA)
                        ELSE SENDTO(W_PERDIDOS);
                       STAY:=0;
 (*C_CARGA SIMULAN EL CONTROLADOR DE CARGA*)
 C_CARGA(D) BATERIA,PERD_BAT :: IF (LL(IL_BATERIA)<=CAPAC) THEN
SENDTO(BATERIA)
                      ELSE SENDTO(PERD_BAT);
 (*SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
 BATERIA(R) BOM1,BOM2,TV,NEV,LIC,LAV,E_S ::
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
        RELEASE BEGIN
          AUX:=UNIF(0,10);
          IF (AUX>0) AND (AUX<2)    THEN SENDTO(BOM1);
          IF (AUX>2) AND (AUX<4)    THEN SENDTO(BOM2);
          IF (AUX>4) AND (AUX<5)    THEN SENDTO(TV);
          IF (AUX>5) AND (AUX<8)    THEN SENDTO(NEV);
          IF (AUX>8) AND (AUX<8.5)  THEN SENDTO(LIC);
          IF (AUX>8.5) AND (AUX<9.5) THEN SENDTO(LAV);
          IF (AUX>9.5) AND (AUX<10)  THEN SENDTO(E_S);
        END;
        IF (LL(IL_BATERIA)>=MINIMA) THEN BEGIN
          STAY :=GAUSS(25,5);
        END ELSE BEGIN
          STAY :=HORAS+1;
        END;
(*SIMULA LOS ELEMENTOS DE CONSUMO COMO BOMBILLOS NEVERAS Y OTROS*)
BOM1(E) ::
BOM2(E) ::
TV(E)  ::
NEV(E)  ::
LIC(E)  ::
LAV(E)  ::
E_S(E)  ::
(*  SI LA BATERIA TIENE CARGA COMPLETA, ENTONCES LOS  *)
(*  VATIOS ADICIONALES, EN ESTE MODELO, SE PIERDEN    *)
PERD_BAT(E) ::
(*  DE LA RADIACION TOTAL, SE APROVECHA UN PORCENTAJE  *)
W_PERDIDOS(E) ::
(* AYUDA A SIMULAR EL DIA Y LA NOCHE *)
START (A) BATERIA VAR I:INTEGER;  ::
 FOR I:=0 TO CAPAC DO BEGIN
  CREATE(RAD)
  SENDTO(BATERIA);
 END;
CONTROL(A) VAR AUXILIAR,K,DELTA,DELTA_T,IRRAD,TT:REAL;::
 K:=0.3;   (*  COEFICIENTE QUE VARIA ENTRE 0,2 y 0,4 °C.cm2/mW  *)
 DELTA:=0.6;(*  COEFICIENTE DE DEGRADACION (0,6%/°C)          *)
 IRRAD:=80; (*  RADIACION SOLAR EN mW/cm2 que varia entre 80 y 100mW/cm2 *)
  BEGIN
   AUXILIAR:=UNIF(T_MIN,T_MAX);
   IF AUXILIAR>25 THEN BEGIN
     TT:=AUXILIAR+K*IRRAD;
     DELTA_T:=TT-25;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
        PT:=(WP)-(WP*(DELTA/100)*DELTA_T);
        IRRADIANCIA:=UNIF(IRRA,IRRA+0.5);
      END ELSE BEGIN
        IRRADIANCIA:=UNIF(IRRA-0.5,IRRA);
      END;
    END;
  GRA(A) :: GRAPH(0,100 ,BLACK,Radiacion; TIME:6:2,WHITE;
            ENTR(EL_PANEL):6:0,Radiacion,0,(IRRA*DIAS*1000+5),RED);

          GRAPH(0,100,BLACK,CARGA; TIME:6:2,WHITE;
              (LL(IL_BATERIA)/VOLT):6:0,CARGA,0,(CAPAC/VOLT+10),GREEN);

          GRAPH(0,80,BLACK,NEVERA; TIME:6:2,WHITE;
              ENTR(EL_NEV):6:0,NEVERA,0,5000,GREEN);
INIT
 {INICIALIZACION Y VALIDACION DE PARAMETROS}
 VOLT:=12;  (*VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI VOLT:9:VOLTAJE BATERIAS (12 o 24);
  IF (VOLT=12) OR (VOLT=24) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=900;  (*CAPACIDAD DE BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI CAPAC:9:CAPACIDAD DE BATERIA";
  IF (CAPAC>0) AND (CAPAC<5000) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 MINIMA:=270;  (*MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI MINIMA:9:MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA;
  IF (MINIMA>=0) AND (MINIMA<=(CAPAC-1)) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=CAPAC*VOLT;
 MINIMA:=MINIMA*VOLT;
 WP:=100;     (*VATIOS PICO DEL PANEL*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI WP:9:2:VATIOS PICO DEL PANEL;
  IF (WP>=5) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 N:=4;  (*NUMERO DE PANELES USADOS*)
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
    MARCA:=FALSE;
    WHILE NOT MARCA DO BEGIN
     INTI N:9:NUMERO DE PANELES USADOS;
     IF (N>=1) AND (N<=100) THEN MARCA:=TRUE;
    END;
    IRRA:=5.532;  (*IRRADIANCIA DEL MES A EVALUAR EN kwh/(m2*dia)*)
    MARCA:=FALSE;
    WHILE NOT MARCA DO BEGIN
     INTI IRRA:9:3:IRRADIANCIA kwh/(m2*dia);
     IF (IRRA>=1) AND (IRRA<=10) THEN MARCA:=TRUE;
    END;
    IRRA:= IRRA*N;
    HORAS:=144;  (*TIEMPO DE SIMULACION EN DIAS*)
    MARCA:=FALSE;
    WHILE NOT MARCA DO BEGIN
     INTI HORAS:4:0:TIEMPO DE SIMULACION en HORAS;
     IF (HORAS>=24) AND (HORAS<=2400) THEN MARCA:=TRUE;
    END;
    T_MIN:=12;  (*TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO DEL MES*)
    MARCA:=FALSE;
    WHILE NOT MARCA DO BEGIN
     INTI T_MIN:9:2:TEMPERATURA MINIMA PROM DEL MES °C;
     IF (T_MIN>=0) AND (T_MIN<=45) THEN MARCA:=TRUE;
    END;
    T_MAX:=38;  (*TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES*)
    MARCA:=FALSE;
    WHILE NOT MARCA DO BEGIN
     INTI T_MAX:9:2:TEMPERATURA MAXIMA PROM DEL MES °C;
     IF (T_MAX>T_MIN) AND (T_MAX<=70) THEN MARCA:=TRUE;
    END;
    BATERIA:=MAXREAL;
    PANEL:= MAXREAL;
    TSIM:=HORAS;
    DIAS:=HORAS/24;
    ACT(START,0);
    FOR Z:=0 TO TRUNC(HORAS) DO BEGIN
     ACT(CONTROL,Z);
     ACT(DISTRIBUCION,Z);
     ACT(DISTRIBUCION,Z+0.3);
     ACT(DISTRIBUCION,Z+0.6);
    END;
  DECL
   VAR Z,CAPAC,VOLT,N,MINIMA: INTEGER;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
    DIAS,HORAS,AUX,IRRA,WP,IRRADIANCIA,T_MIN,T_MAX,PT: REAL;
    MARCA: BOOLEAN;
  MESSAGES RAD;
  STATISTICS ALLNODES;
END.
```

B-23 Simulador con distribución normal y consumo regulado

El siguiente programa desarrollado en GLIDER, simula un sistema fotovoltaico considerando que la radiación solar es distribuida normalmente con media = 12 y desviación estándar = 2 y el consumo es regulado a través de una puerta. Es más eficiente que los modelos anteriores, esto hace que se pueda ejecutar para períodos más largos. Este programa es invocado con el nombre FOTOVOLT_7.GLD.

```
SIMULACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONSIDERANDO LA GENERACIÓN DE RADIACION DISTRIBUIDA
EN FUNCION DE UNA DISTRIBUCION NORMAL CON MEDIA=12  Y
DESVIACION ESTANDAR = 2
EL CONSUMO ESTA REGULADO A TRAVES DE UNA PUERTA
ES MAS EFICIENTE POR LO TANTO PUEDE SERVIR PARA
SIMULACIONES MAS LARGAS
LA SIMULACIÓN ARRANCA EN MEDIANOCHE DEL PRIMER DIA

NETWORK
  (*RAD SIMULAN LA GENERACION DE RADIACION*)
  DISTRIBUCION(A) PANEL, VAR J:INTEGER; A:DOUBLE; ::
    BEGIN
      S:=TIME;
      WHILE (S>=24) DO S:=S-24;
{     WRITELN(S:5:4);}
      A:= 1/(2*SQRT(2*PI))*EXP((S-12)*(12-S)/(2*4));
{     WRITELN('A==> ',A:13:6);}
      IF (A>0.001) THEN BEGIN
        N2:= TRUNC(A*IRRADIANCIA*1000*N)+1;
        FOR J:=0 TO TRUNC(A*IRRADIANCIA*N*PT*0.9) DO BEGIN
          CREATE(RAD)
          SENDTO(PANEL);
        END;
      END;
    END;
PANEL(R) C_CARGA ::
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
(* SIMULA LA GENERACION DE VATIOS A TRAVES DE LA RADIACION INCIDENTE*)
 RELEASE SENDTO(C_CARGA);
 STAY:=0;
C_CARGA(D) BATERIA,P_BATERIA :: (* SIMULA EL CONTROLADOR DE CARGA*)
 IF (LL(EL_BATERIA)<=CAPAC) THEN SENDTO(BATERIA)
 ELSE SENDTO(P_BATERIA);
(*SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
BATERIA(G) INVERSOR  :: (*SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
 IF ABIERTA THEN BEGIN
  IF (LL(EL_BATERIA)>=(MINIMA+C_REAL*FACTOR)) THEN
  BEGIN
   IF N1<(C_REAL*FACTOR) THEN BEGIN
     SENDTO(INVERSOR);
     N1:=N1+1;
   END ELSE  STOPSCAN;
  END ELSE BEGIN
   IF LL(EL_BATERIA)>MINIMA THEN BEGIN
    IF N1<=(LL(EL_BATERIA)-MINIMA) THEN BEGIN
      SENDTO(INVERSOR);
      N1:=N1+1;
    END ELSE STOPSCAN;
   END ELSE STOPSCAN;
  END;
 END ELSE STOPSCAN;
INVERSOR(D) CONSUMO_CA,P_INVERSOR :: (* SIMULA EL INVERSOR *)
 IF BER(KC) THEN SENDTO(P_INVERSOR)
 ELSE SENDTO(CONSUMO_CA);
CONSUMO_CA (E) :: (* VATIOS APROVECHADOS POR LOS ELEMENTOS DE CONSUMO *)
P_INVERSOR(E) :: (*     PERDIDAS OCURRIDAS A TRAVES DEL INVERSOR     *)
P_BATERIA(E) ::  (* SI LA BATERIA TIENE CARGA COMPLETA, ENTONCES LOS  *)
            (* VATIOS ADICIONALES, EN ESTE MODELO, SE PIERDEN    *)
(* EL NODO CONTROL ES EL COORDINADOR DE LA SIMULACION *)
CONTROL(A) VAR AUXILIAR,K,DELTA,DELTA_T,IRRAD,TT:REAL; ::
 K:=0.3;   (*  COEFICIENTE QUE VARIA ENTRE 0,2 y 0,4 °C.cm2/mW  *)
 DELTA:=0.6;(*  COEFICIENTE DE DEGRADACION (0,6%/°C)          *)
 IRRAD:=80; (*  RADIACION SOLAR EN mW/cm2 que varia entre 80 y 100mW/cm2 *)
BEGIN
   (* CONSUMO SEGUN LA HORA DEL DIA *)
   IF (S>=0)  AND (S<6)   THEN FACTOR:=0.1/6;
   IF (S>=6)  AND (S<9)   THEN FACTOR:=0.2/3;
   IF (S>=9)  AND (S<12)  THEN FACTOR:=0.05/3;
   IF (S>=12) AND (S<15)  THEN FACTOR:=0.2/3;
   IF (S>=15) AND (S<18)  THEN FACTOR:=0.05/3;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
    IF (S>=18) AND (S<24)  THEN FACTOR:=0.4/6;
{     WRITELN(FACTOR:5:4);}
    IF (LL(EL_BATERIA)<=(MINIMA+C_REAL*FACTOR)) THEN
      FALLA:=FALLA+1;
{     WRITELN(LL(EL_BATERIA));}
{     WRITELN('FALLA>', FALLA);}
    IF TIME=HORAS-1 THEN BEGIN
     PORC_FALLA:=FALLA/(HORAS)*100;
     CONSUMO_E:=C_REAL*(1-KC)*DIAS;
    END;
    PORC_CARGA_BAT:= LL(EL_BATERIA)/CAPAC*100;
    IF TIME=1 THEN ABIERTA:=TRUE;
   (* SIMULA EL EFECTO DE LAS NUBES SOBRE LA RADIACION *)
   IRRADIANCIA:= GAUSS(IRRA,SQRT(0.2*IRRA));
   IF IRRADIANCIA>10 THEN IRRADIANCIA:=10;
{   WRITELN('IRRADIACION=', IRRADIANCIA:3:2);}
    (* WP SON LOS VATIOS GENERADOS A 25°C Y 1000 Wh *)
    (* INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA RADIACION *)
    AUXILIAR:=UNIF(T_MIN,T_MAX);
    IF AUXILIAR>25 THEN BEGIN
      TT:=AUXILIAR+K*IRRAD;
      DELTA_T:=TT-25;
      PT:= (WP)-(WP*(DELTA/100)*DELTA_T);
    END ELSE PT:=WP;
    GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,EG; TIME:6:2,BLACK;
     (N2*PT*0.9/1000):4:2,EG,0,(2*N*WP),RED);
    N1:=0;
    N2:=0;
  END;
  GRA(A) :: (* GRAFICADOR DE ALGUNOS COMPORTAMIENTOS *)
  { GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,Radiacion; TIME:6:2,BLACK;
      N2:4:0,Radiacion,0,(2*N*1000),RED);}
  { GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,CONSUMO; TIME:6:2,BLUE;
      N1:4:0,VATIOS,0,(C_REAL*0.2),RED);}
   GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,PORC CARGA BATERIA; TIME:6:2,BLUE;
      PORC_CARGA_BAT:3:1,CARGA,0,120,RED);
  { GRAPH(0,TSIM,WHITE,CONSUMO ACUMULADO; TIME:6:2,BLACK;
     (ENTR(EL_CONSUMO_CA)):6:0,VATIOS,0,(C_REAL*DIAS*1.5),RED);}
  START (A) BATERIA VAR I:INTEGER;  :: (* CARGA INICIAL DE LA BATERIA *)
   FOR I:=0 TO TRUNC(CAPAC*0.90) DO BEGIN
    CREATE(RAD)
    SENDTO(EL_BATERIA);
   END;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
INIT
 {INICIALIZACION Y VALIDACION DE PARAMETROS}
 VOLT:=12;  (*VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI VOLT:9:VOLTAJE BATERIAS (12 o 24);
  IF (VOLT=12) OR (VOLT=24) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=2900;  (*CAPÀCIDAD DE BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI CAPAC:9:CAPACIDAD DE BATERIA";
  IF (CAPAC>0) AND (CAPAC<5000) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 MINIMA:=580;  (*MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI MINIMA:9:MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA;
  IF (MINIMA>=0) AND (MINIMA<=(CAPAC-1)) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=CAPAC*VOLT;
 MINIMA:=MINIMA*VOLT;
 WP:=50;
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI WP:9:2:VATIOS PICO DEL PANEL;
  IF (WP>=20) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 N:=22;  (*NUMERO DE PANELES USADOS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI N:9:No DE PANELES USADOS;
  IF (N>=1) AND (N<=100) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 IRRA:=5.532;  (*IRRADIANCIA DEL MES A EVALUAR EN kwh/(m2*dia)*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI IRRA:9:3:IRRADIANCIA kwh/(m2*dia);
  IF (IRRA>=1) AND (IRRA<=9) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 HORAS:=8000;  (*TIEMPO DE SIMULACION EN DIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 INTI HORAS:4:0:TIEMPO DE SIMULACION en HORAS;
 IF (HORAS>=12) AND (HORAS<=30000) THEN MARCA:=TRUE;
END;
T_MIN:=12;  (*TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO DEL MES*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI T_MIN:9:2:TEMPERATURA MINIMA PROM DEL MES °C;
 IF (T_MIN>=0) AND (T_MIN<=45) THEN MARCA:=TRUE;
END;
T_MAX:=38;  (*TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI T_MAX:9:2:TEMPERATURA MAXIMA PROM DEL MES °C;
 IF (T_MAX>T_MIN) AND (T_MAX<=70) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*COEFICIENTE PERDIDA DEL INVERSOR*)
(*0,05 PARA CONVERTIDORES SENOIDALES PUROS EN REGIMEN OPTIMO*)
(*0,10 EN OTRAS CONDICIONES DE TRABAJO LEJOS DEL OPTIMO*)
KC:=0.05;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI KC:9:2:COEF PERDIDAS DEL INVERSOR 0,05 o 0,10;
 IF (KC>=0.05) AND (KC<0.051) THEN MARCA:=TRUE;
 IF (KC>=0.10) AND (KC<0.101) THEN MARCA:=TRUE;
END;
C_REAL:=3600;  (*CONSUMO ENERGETICO REAL DIARIO Wh/Dia*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI C_REAL:9:2:CONSUMO REAL DIARIO Wh/Dia;
 IF (C_REAL>=100) AND (C_REAL<=10000) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*CONSIDERANDO LA PERDIDA DEL INVERSOR*)
C_REAL:=C_REAL/(1-KC);
PANEL:= MAXREAL;
TSIM:=HORAS;
DIAS:=HORAS/24;
ABIERTA:=FALSE;
ACT(START,0);
FOR Z:=0 TO TRUNC(HORAS) DO BEGIN
 ACT(GRA,Z);
 ACT(CONTROL,Z);
 ACT(DISTRIBUCION,Z);
END;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 N1:=0;
 N2:=0;
 FALLA:=0;
 PORC_CARGA_BAT:=0;
DECL
 VAR Z,CAPAC,VOLT,N,MINIMA,FALLA,N1,N2: INTEGER;
   C_REAL,DIAS,HORAS,AUX,WP,PT,IRRA,T_MIN,T_MAX,KC: REAL;
   S,FACTOR,IRRADIANCIA,PORC_FALLA,PORC_CARGA_BAT,CONSUMO_E: REAL;
   MARCA,ABIERTA: BOOLEAN;
 MESSAGES RAD;
 STATISTICS
PANEL,C_CARGA,BATERIA,INVERSOR,CONSUMO_CA,P_INVERSOR,P_BATERIA,
        PORC_FALLA, PORC_CARGA_BAT, PT, CONSUMO_E;
END.
```

B-24 Simulador con distribución normal, regulado y periodos largos

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

El siguiente programa desarrollado en GLIDER, simula un sistema fotovoltaico considerando que la radiación solar es distribuida normalmente, el consumo es regulado a través de una puerta y utiliza valores de radiación y temperatura contentivos en una tabla. Este programa es invocado con el nombre FOTOVOLT_8.GLD.

```
SIMULACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
LA SIMULACIÓN ARRANCA EN MEDIANOCHE DEL PRIMERO DE ENERO
NETWORK
 DISTRIBUCION(A) PANEL, VAR J:INTEGER; A:DOUBLE; ::
 (* SIMULA LA GENERACION DE RADIACION *)
  BEGIN
   S:=TIME;
   WHILE (S>=24) DO S:=S-24;
   {WRITELN(S:5:4);}
   A:= 1/(2*SQRT(2*PI))*EXP((S-12)*(12-S)/(2*4));
   {WRITELN('A==> ',A:13:6);}
   {WRITELN;}
```

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
  IF (A>0.001) THEN BEGIN
   N2:=TRUNC(A*IRRA*1000*N)+1;
   FOR J:=0 TO TRUNC(A*IRRA*N*0.9*PT) DO BEGIN
    CREATE(RAD)
    SENDTO(PANEL);
   END;
  END;
 END;
PANEL(R) C_CARGA ::
(* SIMULA LA GENERACION DE VATIOS A TRAVES DE LA RADIACION INCIDENTE*)
 RELEASE SENDTO(C_CARGA);
 STAY:=0;
C_CARGA(D) BATERIA,P_BATERIA :: (* SIMULA EL CONTROLADOR DE CARGA*)
 IF (LL(EL_BATERIA)<=CAPAC) THEN SENDTO(BATERIA)
 ELSE SENDTO(P_BATERIA);
BATERIA(G) INVERSOR  :: (*SIMULA EL COMPORTAMIENTO DE LA BATERIA*)
 IF ABIERTA THEN BEGIN
  IF (LL(EL_BATERIA)>=(MINIMA+C_REAL*FACTOR)) THEN
  BEGIN
   IF N1<(C_REAL*FACTOR) THEN BEGIN
    SENDTO(INVERSOR);
    N1:=N1+1;
   END ELSE  STOPSCAN;
  END ELSE BEGIN
   IF LL(EL_BATERIA)>MINIMA THEN BEGIN
    IF N1<=(LL(EL_BATERIA)-MINIMA) THEN BEGIN
     SENDTO(INVERSOR);
     N1:=N1+1;
    END ELSE STOPSCAN;
   END ELSE STOPSCAN;
  END;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
  END ELSE STOPSCAN;
 INVERSOR(D) CONSUMO_CA,P_INVERSOR :: (* SIMULA EL INVERSOR *)
   IF BER(KC) THEN SENDTO(P_INVERSOR)
   ELSE SENDTO(CONSUMO_CA);
 CONSUMO_CA (E) :: (* VATIOS APROVECHADOS POR LOS ELEMENTOS DE CONSUMO *)
 P_INVERSOR(E) :: (*     PERDIDAS OCURRIDAS A TRAVES DEL INVERSOR     *)
 P_BATERIA(E) ::  (* SI LA BATERIA TIENE CARGA COMPLETA, ENTONCES LOS  *)
            (* VATIOS ADICIONALES, EN ESTE MODELO, SE PIERDEN    *)
 (* EL NODO CONTROL ES EL COORDINADOR DE LA SIMULACION *)
 CONTROL(A) VAR AUXILIAR,K,DELTA,DELTA_T,IRRAD,TT:REAL; M:INTEGER; ::
  K:=0.3;   (*  COEFICIENTE QUE VARIA ENTRE 0,2 y 0,4 °C.cm2/mW  *)
  DELTA:=0.6;(*  COEFICIENTE DE DEGRADACION (0,6%/°C)          *)
  IRRAD:=80; (*  RADIACION SOLAR EN mW/cm2 que varia entre 80 y 100mW/cm2 *)
 BEGIN
    (* CONSUMO SEGUN LA HORA DEL DIA *)
    IF (S>=0)  AND (S<6)   THEN FACTOR:=0.1/6;
    IF (S>=6)  AND (S<9)   THEN FACTOR:=0.2/3;
    IF (S>=9)  AND (S<12)  THEN FACTOR:=0.05/3;
    IF (S>=12) AND (S<15)  THEN FACTOR:=0.2/3;
    IF (S>=15) AND (S<18)  THEN FACTOR:=0.05/3;
    IF (S>=18) AND (S<24)  THEN FACTOR:=0.4/6;
{     WRITELN(FACTOR:5:4);}
    IF (LL(EL_BATERIA)<(MINIMA+C_REAL*FACTOR)) THEN
      FALLA:=FALLA+1;
{     WRITELN(LL(EL_BATERIA));}
{     WRITELN('FALLA>', FALLA);}
    IF TIME=HORAS THEN BEGIN
     PORC_FALLA:=FALLA/(HORAS)*100;
     CONSUMO_E:=C_REAL*(1-KC)*DIAS;
    END;
    PORC_CARGA_BAT:= LL(EL_BATERIA)/CAPAC*100;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
IF TIME=1 THEN ABIERTA:=TRUE;
(* DETERMINA LA RADIACION DIARIA MEDIA DEL MES SIMULADO *)
S1:=TIME;
WHILE (S1>8760) DO S1:=S1-8760;
IF (S1<=744) THEN M:=0;
IF (S1>744)  AND (S1<=1416) THEN M:=1;
IF (S1>1416) AND (S1<=2160) THEN M:=2;
IF (S1>2160) AND (S1<=2880) THEN M:=3;
IF (S1>2880) AND (S1<=3624) THEN M:=4;
IF (S1>3624) AND (S1<=4344) THEN M:=5;
IF (S1>4344) AND (S1<=5088) THEN M:=6;
IF (S1>5088) AND (S1<=5808) THEN M:=7;
IF (S1>5808) AND (S1<=6552) THEN M:=8;
IF (S1>6552) AND (S1<=7272) THEN M:=9;
IF (S1>7272) AND (S1<=8016) THEN M:=10;
IF (S1>8016) AND (S1<=8760) THEN M:=11;
(* SIMULA EL EFECTO DE LAS NUBES SOBRE LA RADIACION *)
IRRA:= GAUSS(V_IRRA[M],SQRT(0.2*V_IRRA[M]));
{   WRITELN('IRRADIACION=', IRRA:3:2);}
T_MIN:=V_TMIN[M];
T_MAX:=V_TMAX[M];
{   WRITELN('IRRADIACION=', V_IRRA[M]:3:2);}
(* WP SON LOS VATIOS GENERADOS A 25°C Y 1000 Wh *)
(* INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA RADIACION *)
AUXILIAR:=UNIF(T_MIN,T_MAX);
IF AUXILIAR>25 THEN BEGIN
   TT:=AUXILIAR+K*IRRAD;
   DELTA_T:=TT-25;
   PT:= ((WP)-(WP*(DELTA/100)*DELTA_T));
END ELSE PT:=WP;
GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,EG; TIME:6:2,BLACK;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
    (N2*PT*0.9/1000):4:2,EG,0,(2*N*WP),RED);
   N2:=0;
   N1:=0;
 END;
 START (A) BATERIA VAR I:INTEGER;  :: (* CARGA INICIAL DE LA BATERIA *)
  FOR I:=0 TO TRUNC(CAPAC*0.90) DO BEGIN
   CREATE(RAD)
   SENDTO(EL_BATERIA);
  END;
 GRA(A) :: (* GRAFICADOR DE ALGUNOS COMPORTAMIENTOS *)
 { GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,Radiacion; TIME:6:2,BLACK;
     N2:4:0,Radiacion,0,(2*N*1000),RED);}
 { GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,CONSUMO; TIME:6:2,BLUE;
     N1:4:0,VATIOS,0,(C_REAL*0.2),RED);}
 GRAPH(0,TSIM+2,WHITE,PORC CARGA BATERIA; TIME:6:2,BLUE;
     PORC_CARGA_BAT:3:1,CARGA,0,120,RED);
 { GRAPH(0,TSIM,WHITE,CONSUMO ACUMULADO; TIME:6:2,BLACK;
    (ENTR(EL_CONSUMO_CA)):6:0,VATIOS,0,(C_REAL*DIAS*1.5),RED);}
INIT
 (* EJECUTA PROCEDIMIENTOS *)
 lee_nom_arch;
 lee_valores;
 (* INICIALIZACION Y VALIDACION DE PARAMETROS *)
 VOLT:=12;  (*VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS*)
 MARCA:=FALSE;
 WHILE NOT MARCA DO BEGIN
  INTI VOLT:9:VOLTAJE BATERIAS (12 o 24);
  IF (VOLT=12) OR (VOLT=24) THEN MARCA:=TRUE;
 END;
 CAPAC:=2900;  (*CAPÀCIDAD DE BATERIA*)
 MARCA:=FALSE;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI CAPAC:9:CAPACIDAD DE BATERIA";
 IF (CAPAC>0) AND (CAPAC<5000) THEN MARCA:=TRUE;
END;
MINIMA:=580;  (*MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI MINIMA:9:MINIMA CARGA PERMITIDA EN BATERIA;
 IF (MINIMA>=0) AND (MINIMA<=(CAPAC-1)) THEN MARCA:=TRUE;
END;
CAPAC:=CAPAC*VOLT;
MINIMA:=MINIMA*VOLT;
(*LOS VATIOS PICO ES LA EFICIENCIA DEL PANEL A UNA IRRADIANCIA=1000 w/m2*)
WP:=50;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI WP:9:2:VATIOS PICO DEL PANEL;
 IF (WP>=20) AND (WP<=300) THEN MARCA:=TRUE;
END;
N:=22;  (*NUMERO DE PANELES USADOS*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI N:9:NUMERO DE PANELES USADOS;
 IF (N>=1) AND (N<=100) THEN MARCA:=TRUE;
END;
HORAS:=8000;  (*TIEMPO DE SIMULACION EN DIAS*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI HORAS:4:0:TIEMPO DE SIMULACION en HORAS;
 IF (HORAS>=12) AND (HORAS<=175200) THEN MARCA:=TRUE;
END;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
(*COEFICIENTE PERDIDA DEL INVERSOR*)
(*0,05 PARA CONVERTIDORES SENOIDALES PUROS EN REGIMEN OPTIMO*)
(*0,10 EN OTRAS CONDICIONES DE TRABAJO LEJOS DEL OPTIMO*)
KC:=0.05;
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI KC:9:2:COEF PERDIDAS DEL INVERSOR 0,05 o 0,10;
 IF (KC>=0.05) AND (KC<0.051) THEN MARCA:=TRUE;
 IF (KC>=0.10) AND (KC<0.101) THEN MARCA:=TRUE;
END;
C_REAL:=3600;  (*CONSUMO ENERGETICO REAL DIARIO Wh/Dia*)
MARCA:=FALSE;
WHILE NOT MARCA DO BEGIN
 INTI C_REAL:9:2:CONSUMO REAL DIARIO Wh/Dia;
 IF (C_REAL>=100) AND (C_REAL<=10000) THEN MARCA:=TRUE;
END;
(*CONSIDERANDO LA PERDIDA DEL INVERSOR*)
C_REAL:=C_REAL/(1-KC);
PANEL:= MAXREAL;
TSIM:=HORAS+1;
DIAS:=HORAS/24;
ABIERTA:=FALSE;
ACT(START,0);
FOR Z:=0 TO TRUNC(HORAS+1) DO BEGIN
 ACT(GRA,Z);
 ACT(CONTROL,Z);
 ACT(DISTRIBUCION,Z);
END;
N1:=0;
N2:=0;
FALLA:=0;
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
 PORC_CARGA_BAT:=0;
DECL
 VAR Z,CAPAC,VOLT,N,MINIMA,FALLA,N1,N2: INTEGER;
    C_REAL,DIAS,HORAS,AUX,WP,PT,IRRA,T_MIN,T_MAX,KC: REAL;
    S,S1,FACTOR,PORC_FALLA,PORC_CARGA_BAT,CONSUMO_E: REAL;
    V_IRRA,V_TMIN,V_TMAX:ARRAY[0..11] OF REAL;
    nombre_e: STRING[12];
    a_entrada:TEXT;
    MARCA,ABIERTA: BOOLEAN;
 MESSAGES RAD;
 STATISTICS
PANEL,C_CARGA,BATERIA,INVERSOR,CONSUMO_CA,P_INVERSOR,P_BATERIA,
        PORC_FALLA, PORC_CARGA_BAT, PT, IRRA, CONSUMO_E;
PROCEDURES
procedure lee_nom_arch;
begin
 nombre_e:='VALORES.DEF';
 assign(a_entrada,nombre_e);
 reset(a_entrada);
end;
procedure lee_valores;
(*
 Lee la definicion de los valores de radiacion,temperatura maxima y
 temperatura minima promedio mensual
 La primera linea es RADIACION PROMEDIO DE CADA MES, que seran colocados
 en un arreglo llamado IRRA.
 La segunda linea es TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DE CADA MES, que seran
 colocados en un arreglo llamado T_MAX.
 La tercera linea es TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO DE CADA MES, que seran
 colocados en un arreglo llamado T_MIN.
*)
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

```
var i: integer;
begin
 readln(a_entrada,V_IRRA[0],V_IRRA[1],V_IRRA[2],V_IRRA[3],V_IRRA[4],V_IRRA[5],
 V_IRRA[6],V_IRRA[7],V_IRRA[8],V_IRRA[9],V_IRRA[10],V_IRRA[11]);
 readln(a_entrada,V_TMAX[0],V_TMAX[1],V_TMAX[2],V_TMAX[3],V_TMAX[4],V_TMAX[5],
 V_TMAX[6],V_TMAX[7],V_TMAX[8],V_TMAX[9],V_TMAX[10],V_TMAX[11]);
 readln(a_entrada,V_TMIN[0],V_TMIN[1],V_TMIN[2],V_TMIN[3],V_TMIN[4],V_TMIN[5],
 V_TMIN[6],V_TMIN[7],V_TMIN[8],V_TMIN[9],V_TMIN[10],V_TMIN[11]);
 close(a_entrada);
end;
END.
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Anexo C

El método WATCH

Es un conjunto de métodos dirigidos al desarrollo de software basado en componentes. Este método hace uso de las mejores prácticas, modelos y conceptos de la Ingeniería de Software, a fin de proporcionar una visión clara de los procesos de desarrollo de componentes distribuidos (Web Services) y aplicaciones distribuidas (aplicaciones Web) [14]. Describe el ciclo de vida y especifica tanto el producto, como el proceso y los actores. La extensión de este se hace desglosando en cada fase, sus actividades, tareas y los productos, así como la asignación de los actores de las mismas [15].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Surge como resultado de un proyecto orientado a proporcionar, a pequeñas y medianas empresas, un modelo simple, pero completo, del proceso de desarrollo de software de pequeña y mediana escala y complejidad. Integra los modelos de desarrollo de software bien conocidos, tales como: el modelo Rational Unified Process (RUP), el modelo orientado a objetos descrito por Bruegge & Dutoit y el estándar de la IEEE 1074 para el desarrollo de procesos de ciclos de vida del software [14].

La utilidad e importancia que el método tiene, se resume en que su uso le agrega visibilidad al proyecto; pues, permite que el grupo de desarrollo y los usuarios del sistema puedan conocer en que estado se encuentra en cualquier momento, le facilita al líder las labores de planificación y control, establece un marco metodológico único que estandariza el proceso de desarrollo y unifica la documentación que se produce a lo largo del proyecto, esta fundamentada en modelos de procesos de ingeniería del software basada en componentes y además emplea las mejores practicas, técnicas y notaciones utilizadas regularmente en la industria del software.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Consta de tres componentes: El modelo del producto que describe el tipo de producto que el método Watch ayuda a producir, el modelo del proceso donde se presenta una descripción estructurada del conjunto de actividades que el grupo de desarrollo deberá seguir para producir una aplicación empresarial y el modelo del grupo de desarrollo que describe como el grupo de desarrollo debe estar organizado y cuales son los roles de cada uno de sus miembros [12], véase Figura C-1.

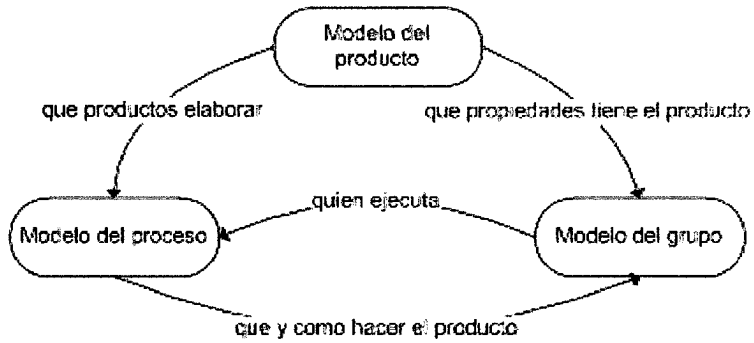


Figura C-1 Componentes del método watch

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

C-1 Modelo del producto

El método watch está orientado al desarrollo de aplicaciones empresariales, estas son una aplicación distribuida que apoya la ejecución de procesos de negocios en una empresa. Las aplicaciones de comercio electrónico y los sistemas de información web (SIW) son dos tipos particulares de aplicaciones empresariales. Tanto las aplicaciones web como los SIW dan soporte a un conjunto de uno o más procesos de negocios, mediante una interfaz web que permite el intercambio de datos e información a través de una red Intranet, Extranet o Internet. Emplea el paradigma de desarrollo de software basado en la reutilización de componentes de software, donde una aplicación empresarial tiene una arquitectura de software de tres o más capas (véase Figura C-2), en la que cada una de las capas está compuesta de un conjunto de componentes de software interrelacionados [12].

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El proceso para solicitar los servicios de una aplicación web se produce cuando un usuario realiza una petición a través de un navegador, el usuario interactúa con el sistema introduciendo y obteniendo información, esto se hace a través de funciones o servicios que provee un servidor de aplicaciones conjuntamente con el servidor web. Se observa que la arquitectura que se utiliza en este tipo de aplicación, es la arquitectura de n-capas. En este caso está definido en tres capas, la primera la capa de presentación que es aquella con la cual el usuario interactúa, la capa intermedia o de lógica de negocios, que corresponde a la capa donde se encuentran las lógica del negocio de las aplicaciones web, y por último la capa donde son guardados los datos de las aplicaciones, (véase Figura C-2).

La capa de presentación implementa la interfaz U/S y es la responsable de la interacción con los usuarios, se encarga de capturar los datos introducidos por los usuarios y el manejo de los diálogos a los usuarios. Esta capa comprende dos tipos de componentes, los componentes del lado del cliente, se refieren a los componentes con las páginas HTML de la aplicación web que van a ser desplegadas en las máquinas de los clientes, así como también, a los scripts que complementan las páginas web para el manejo de funcionalidades que no pueden ser hechas solamente por el HTML, estos scripts pueden ser implementados utilizando Applets de Java, JavaScript, controles de ActiveX, Scriptlets, son scripts que se ejecutan en la máquina cliente y permiten una pequeña interacción con la lógica de negocios. Los componentes del servidor web, estos son ejecutados en el lado del servidor web, envía las respuestas de las páginas solicitadas y los datos solicitados a la capa de lógica de negocios, estos componentes pueden ser scripts que son interpretados por el servidor web o por ejecutables [15].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

La capa de lógica de negocios implementa la funcionalidad de la aplicación empresarial, representa el enlace entre la interfaz de los usuarios y el sistema de persistencia, generalmente, estos son componentes que han sido compilados y corren en un servidor de aplicaciones. Está formada por dos tipos de componentes: los componentes de procesos, implementan las funciones que requieren los usuarios y automatizan los flujos de trabajo, y los componentes de entidades de negocios (componentes de negocio), manejan los datos asociados a los objetos o entidades de negocio de la aplicación.

La capa de datos se encarga de la administración de los datos de la aplicación. Está formada por una o más bases de datos o almacenes de datos XML que pueden ser locales o distribuidas [12] y [15].

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

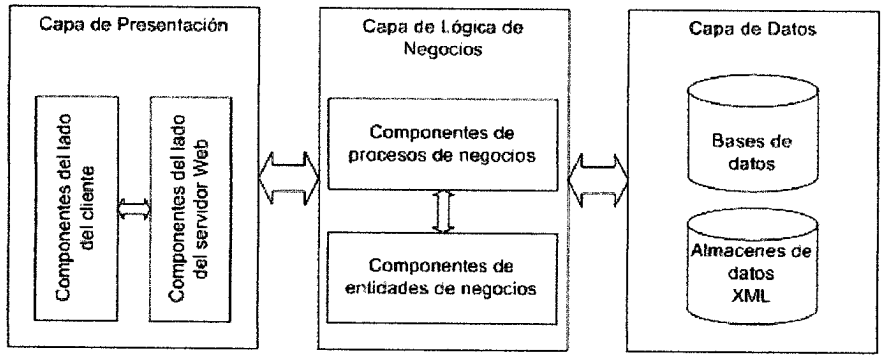


Figura C-2 Modelo de una aplicación empresarial basada en componentes

C-2 Modelo de procesos watch

Describe un conjunto estructurado de actividades necesarias para producir una aplicación empresarial. Este modelo organiza estas actividades en dos tipos de procesos diferentes pero complementarios: procesos gerenciales y procesos de desarrollo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

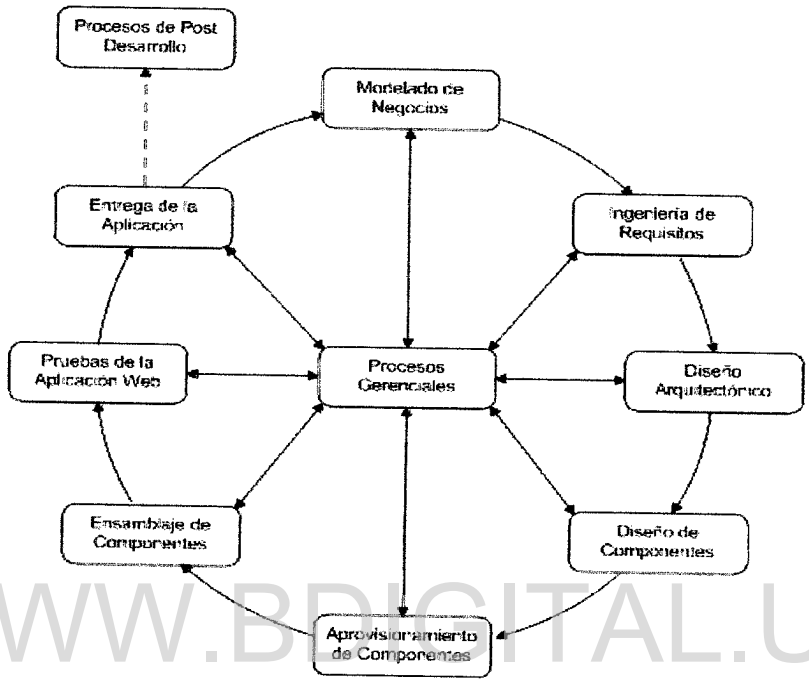
Los procesos gerenciales describen las actividades que la gerencia del proyecto (ó, en su defecto, el líder del proyecto) debe realizar para planificar, organizar, dirigir, manejar el grupo de desarrollo y controlar el proyecto de desarrollo de un sistema o aplicación empresarial. Asegurar la calidad del sistema, gestionar la configuración del sistema y adiestrar el grupo de desarrollo durante el proceso de ejecución del proyecto.

Los procesos de desarrollo son los procesos técnicos que describen que debe hacer el grupo de desarrollo para producir una aplicación empresarial. Estos procesos se organizan en una estructura jerárquica formada por fases, pasos y actividades. Esta estructura está inspirada en la metáfora del reloj de pulsera (watch, en inglés), donde los procesos gerenciales se ubican en el centro del reloj para indicar que ellos llevan el control del desarrollo del proyecto y los procesos de desarrollo se ubican, en forma circular, en las posiciones del dial del reloj (ver Figura C-3).

El marco metodológico es cíclico, iterativo y controlado. Cada ciclo de procesos de desarrollo produce una nueva versión del sistema o un nuevo subsistema del sistema en desarrollo. En cada ciclo se

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

puede iterar entre las fases a fin de corregir errores, introducir nuevos requisitos o, simplemente, mejorar el producto en desarrollo [12].



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figura C-3 Modelo de procesos watch

C-2.1 Fase 1: Modelado del negocio

El objetivo de esta fase es obtener un conocimiento global y detallado del dominio de la aplicación empresarial; esto es, del sistema de negocios para el cual se desarrolla la aplicación. Este conocimiento se logra a través de un proceso de modelado empresarial que determina los objetivos, procesos, actores, objetos, reglas, eventos y unidades organizacionales del Sistema de Negocios (SN) [12].

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

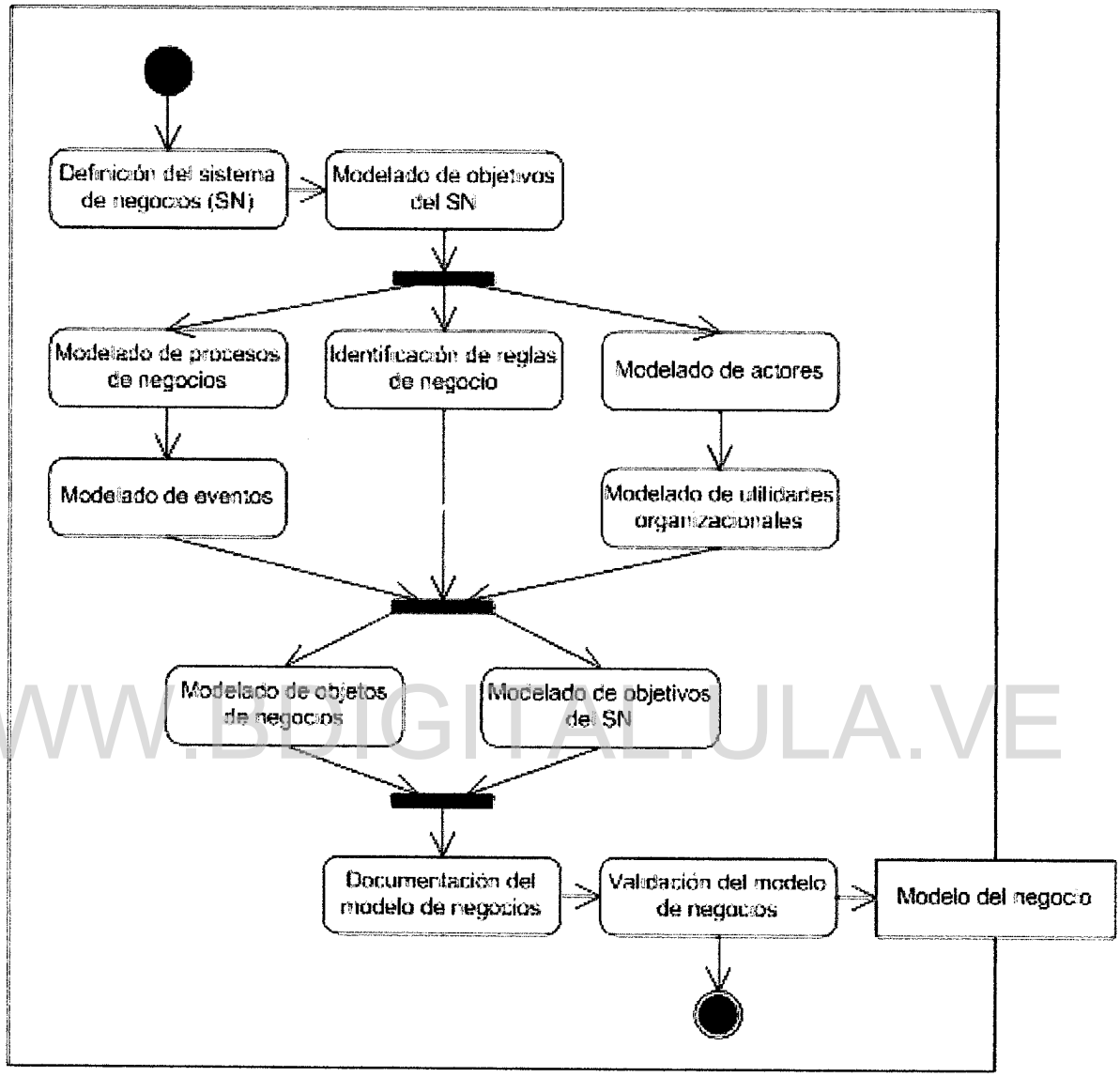


Figura C-4 Procesos del modelado del negocio

C-2.2 Fase 2: Ingeniería de requisitos

En esta fase se determinan las necesidades de información y automatización de procesos de negocios, que tienen los usuarios de la aplicación empresarial en desarrollo, mediante la definición y especificación de sus requisitos [12].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

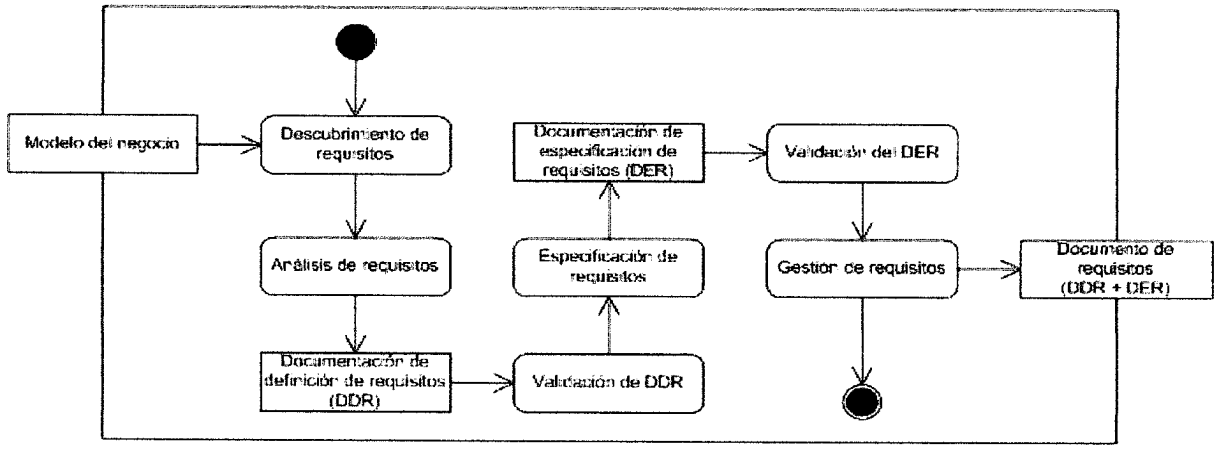


Figura C-5 Procesos de la ingeniería de requisitos

C-2.3 Fase 3: Diseño arquitectónico

Se elaborar un diseño de la arquitectura de la aplicación empresarial que sea apropiada a los requisitos especificados y que establezca los subsistemas de la aplicación, los componentes de cada subsistema, las conexiones entre estos componentes y las restricciones que regulan la arquitectura [12].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

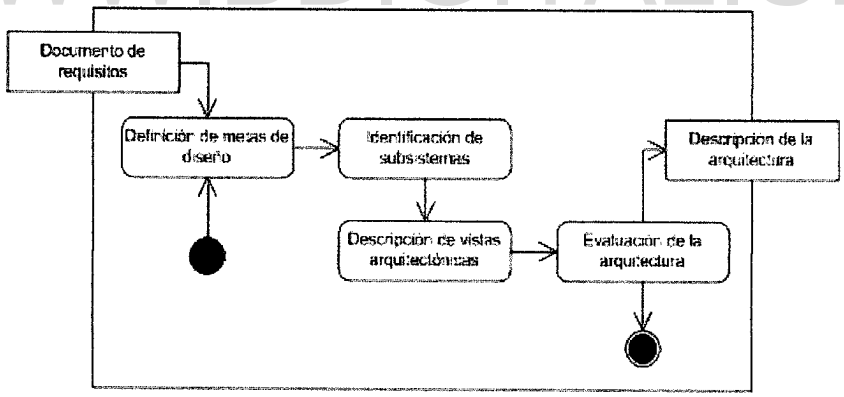


Figura C-6 Procesos del diseño arquitectónico

C-2.4 Fase 4: Diseño de componentes

En esta fase se elaboran los diseños detallados de los componentes que integran cada uno de los subsistemas de la aplicación [12].

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

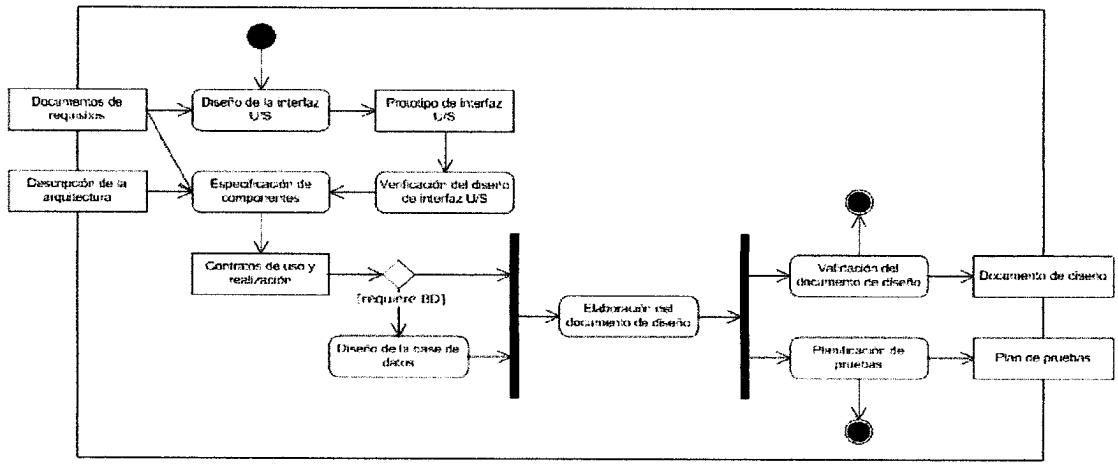


Figura C-7 Procesos del diseño de componentes

C-2.5 Fase 5: Aprovisionamiento de componentes

Los Objetivos de esta fase son la búsqueda y adaptación de componentes de software reutilizables que cumplan con las especificaciones de componentes y el desarrollo de aquellos componentes que no puedan ser localizados o que no satisfagan adecuadamente las especificaciones de componentes [12].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

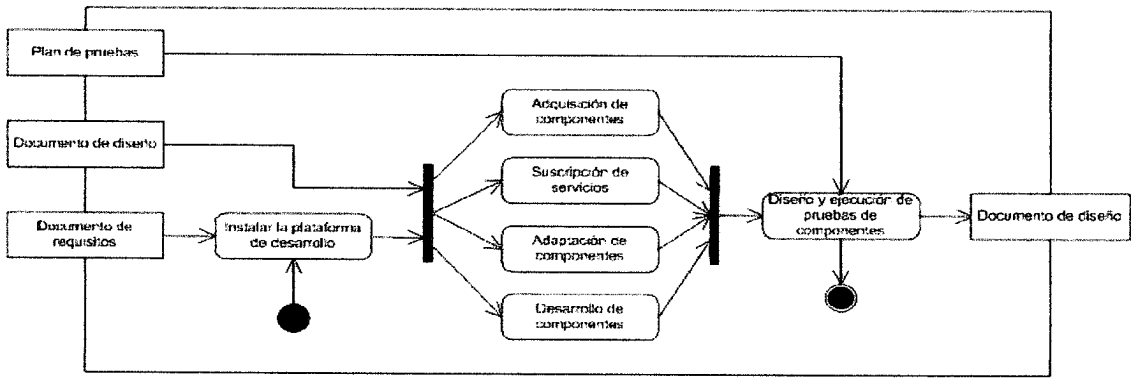


Figura C-8 Procesos de aprovisionamiento de componentes

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

C-2.6 Fase 6: Ensamblaje de componentes

Se Implementan cada una de las tres capas de la aplicación empresarial mediante el ensamblaje de componentes que fueron adquiridos, adaptados, suscritos o desarrollados en la fase 5 [12].

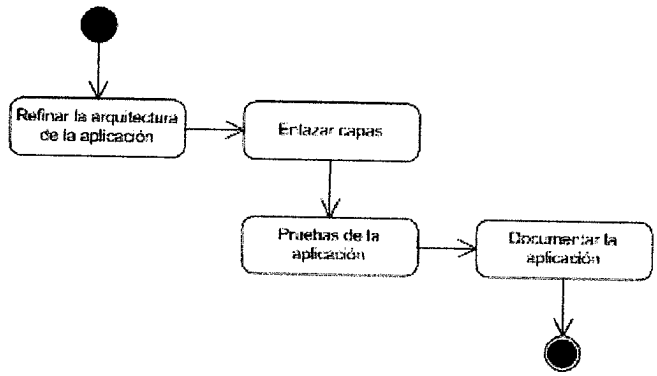


Figura C-9 Proceso de ensamblaje de componentes

C-2.7 Fase 7: Pruebas de la aplicación

Se comprueba que la aplicación empresarial cumpla con los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en la fase 2 [12].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

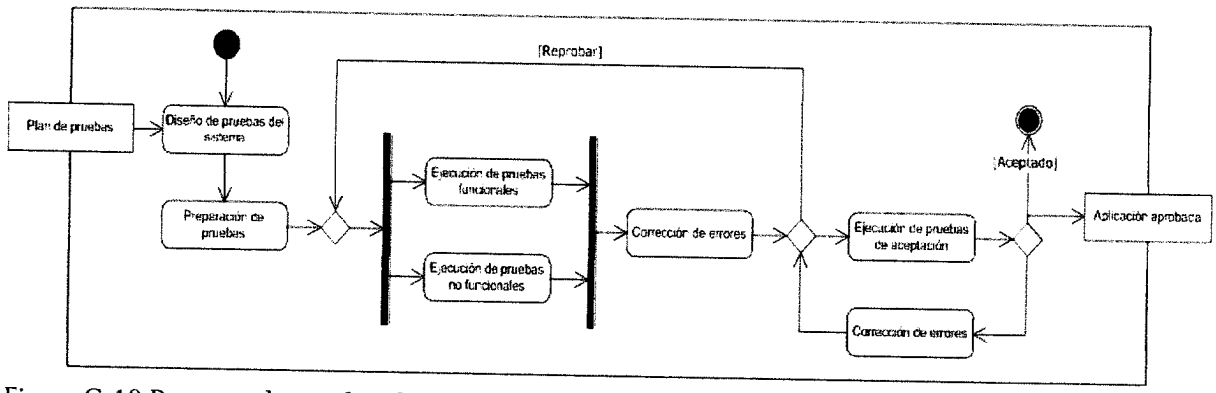


Figura C-10 Procesos de pruebas de aplicación

C-2.8 Fase 8: Entrega de la aplicación empresarial

En esta fase se instala la aplicación empresarial en su ambiente de producción, se pone en operación y se entrega a los usuarios [12].

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

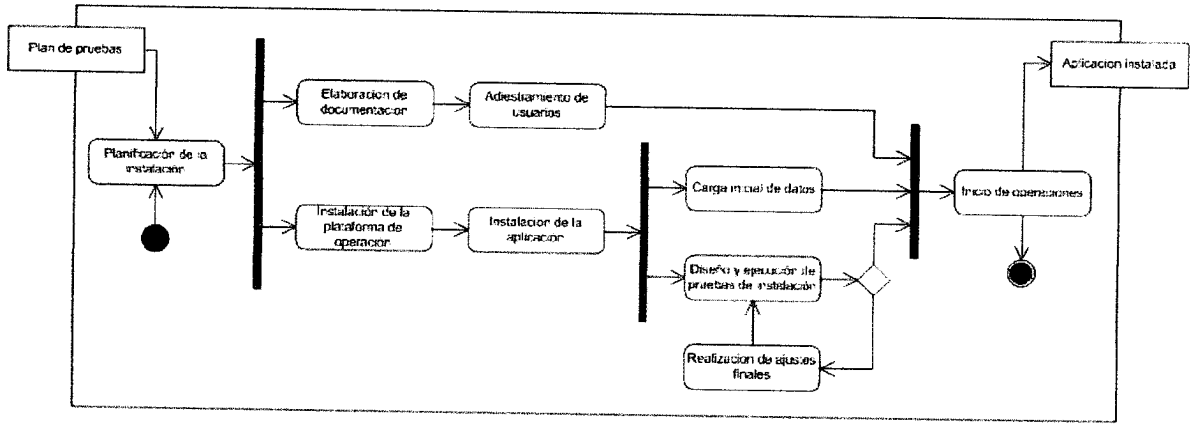


Figura C-11 Procesos de entrega de la aplicación empresarial

C-3 Modelo del grupo de desarrollo

El grupo de desarrollo de una aplicación empresarial puede estar organizado de diferentes maneras. Una de ellas es según una estructura jerárquica en la que los actores del proyecto se agrupan en base a las actividades del proceso de desarrollo de la aplicación (ver Figura C-12). Los roles que estos miembros realizan en el proyecto están determinados por los grupos de trabajo que integran la estructura. Estos roles se corresponden con las fases generales del desarrollo de la aplicación [12].

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

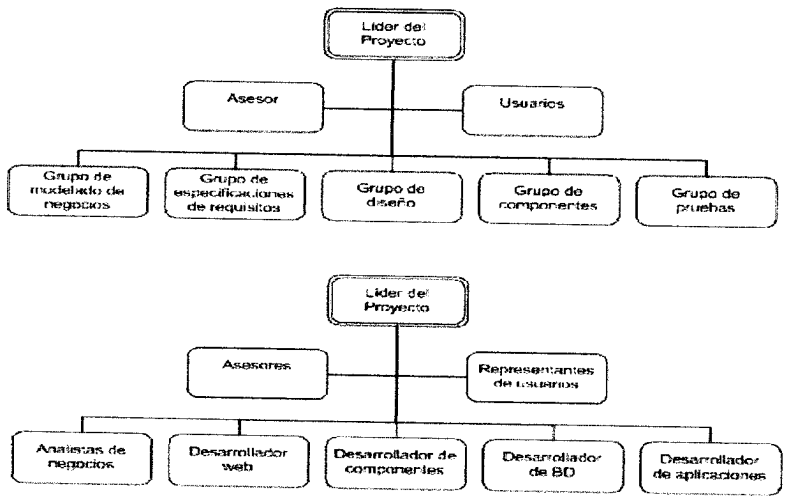


Figura C-12 Modelo del grupo de desarrollo

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Anexo D

Casos de prueba

D-1 Tabla Simulador con distribución uniforme

Entradas:

Voltaje Bat	Capacidad Batería	Minima Carg	Wp panel	N° Paneles	Irradiancia diaria (media)	Tiempo (horas)	Temp max.	Temp min.
12	900	270	100	4	5,53	144	35	15
24	900	270	100	4	5,53	144	35	15
12	900	270	100	10	5,53	144	35	15
12	900	270	100	1	5,53	144	35	15
12	900	270	100	4	1	144	35	15
12	900	270	100	4	10	144	35	15
12	1800	270	100	4	5,53	144	35	15
12	1800	600	100	4	5,53	144	35	15
12	900	300	50	4	5,53	144	35	15
12	900	300	300	4	5,53	144	35	15

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Resultados:

Rad en panel	Rad C_carga	Vatios bat	W no almac.	Observaciones		tiempo procesador seg.
132776	13104	21714	2190			27,329
132776	13150	32605	2145			
331929	33021	38338	5483	después del edo. transitorio aumento la carga de la batería		
33199	3325	13566	559	después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
24010	2430	12831	399	después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
331929	33021	38338	5483	después del edo. transitorio aumento la carga de la batería		
132776	13161	32586	2175	la cantidad de vatios no almacenados es menor		
132776	13170	32593	2177	después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
132776	6675	16388	1087	después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
132776	39579	43892	6487	después del edo. transitorio se mantiene máxima la carga		

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

D-2 Tabla Simulador con distribución uniforme escalón

Entradas:

Voltaje Bat	Capacidad Batería	Minima Carga	Wp panel	N° Paneles	Irradiancia M	Tiempo (horas)	Temp max.	Temp min.
12	900	270	100	4	5,53	144	35	15
24	900	270	100	4	5,53	144	35	15
12	900	270	100	10	5,53	144	35	15
12	900	270	100	1	5,53	144	35	15
12	900	270	100	4	1	144	35	15
12	900	270	100	4	10	144	35	15
12	1800	270	100	4	5,53	144	35	15
12	1800	600	100	4	5,53	144	35	15
12	900	270	50	4	5,53	144	35	15
12	900	270	300	4	5,53	144	35	15

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Resultados:

Rad en panel	Rad C_carga	Vatios bat	W no almac.	Observaciones		tiempo procesador seg.
132781	13197	22021	1976			29,8444
132781	13114	32877	1837			
331933	33016	35825	7991	Después del edo. transitorio aumento la carga de la batería		
33205	3314	13670	444	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
24014	2412	12901	311	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
240013	23755	30848	3707	Después del edo. transitorio aumento la carga de la batería		
132781	13152	32932	1820	La cantidad de vatios no almacenados es menor		
132781	13173	32899	1874	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
132781	6659	16545	914	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
132781	39420	37053	13167	Después del edo. transitorio se mantiene máxima la carga		

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

D-3 Tabla Simulador con distribución Binomial

Entradas:

Voltaje Bat	Capacidad B	Minima Carg	Wp panel	N° Paneles	Irradiancia M	Tiempo (horas)	Temp max.	Temp min.
12	900	270	100	4	5,532	144	38	12
24	900	270	100	4	5,532	144	38	12
12	900	270	100	10	5,532	144	38	12
12	900	270	100	1	5,532	144	38	12
12	900	270	100	4	1	144	38	12
12	900	270	100	4	10	144	38	12
12	1800	270	100	4	5,532	144	38	12
12	1800	600	100	4	5,532	144	38	12
12	900	270	50	4	5,532	144	38	12
12	900	270	300	4	5,532	144	38	12

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Resultados:

Rad en panel	Rad C_carga	Vatios bat	W no almac.	Observaciones	tiempo procesador seg.
132282	10724	19921	1604		15,281
132282	10734	30844	1491		
330636	27101	33645	4257	Después del edo. transitorio aumento la carga de la batería	
33096	2666	13126	341	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga	
23946	1951	12520	232	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga	
239082	19645	27391	3055	Después del edo. transitorio aumento la carga de la batería	
132282	10785	30935	1451	la cantidad de vatios no almacenados es menor	
132282	10668	30788	1481	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga	
132282	5454	15511	744	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga	
132282	32248	37955	5094	Después del edo. transitorio se mantiene máxima la carga	

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

D-4 Tabla Simulador con distribución Normal

Entradas:

Voltaje Bat	Capacidad B	Minima Carg	Wp panel	N° Paneles	Irradiancia M	Tiempo (horas)	Temp max.	Temp min.
12	900	270	100	4	5,532	144	38	12
24	900	270	100	4	5,532	144	38	12
12	900	270	100	10	5,532	144	38	12
12	900	270	100	1	5,532	144	38	12
12	900	270	100	4	1	144	38	12
12	900	270	100	4	10	144	38	12
12	1800	270	100	4	5,532	144	38	12
12	1800	600	100	4	5,532	144	38	12
12	900	270	50	4	5,532	144	38	12
12	900	270	300	4	5,532	144	38	12

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Resultados:

Rad en panel	Rad C_carga	Vatios bat	W no almac.	Observaciones		Tiempo procesador seg.
132356	10716	19964	1553			14,16
132454	10722	31024	1299			
329841	26938	33716	4023	Después del edo. transitorio aumento la carga de la batería		
33682	2699	13196	304	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
24506	1988	12608	181	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
238909	19601	27448	2954	Después del edo. transitorio aumento la carga de la batería		
132370	10797	31130	1268	la cantidad de vatios no almacenados es menor		
132336	10797	31070	1328	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
132445	5494	15592	703	Después del edo. transitorio se mantiene mínima la carga		
132177	32222	38074	4949	Después del edo. transitorio se mantiene máxima la carga		

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

D-5 Tabla Simulador con distribución Normal y consumo regulado

Entradas:

Voltaje Bat	Capac Bat.	Minima Carg	% efic.	Sup. Panel	N° Paneles	Irradiancia Diaria (media)	Tiempo (horas)	Temp max.	Temp min.	Coef. Perdida inversor	Consumo Real
12	900	270	10	1,25	4	5,532	144	38	12	0,05	1160
24	900	270	10	1,25	4	5,532	144	38	12	0,05	1160
12	900	270	10	1,25	10	5,532	144	38	12	0,05	1160
12	900	270	10	1,25	1	5,532	144	38	12	0,05	1160
12	900	270	10	1,25	4	1	144	38	12	0,05	1160
12	900	270	10	1,25	4	10	144	38	12	0,05	1160
12	1800	270	10	1,25	4	5,532	144	38	12	0,05	1160
12	1800	600	10	1,25	4	5,532	144	38	12	0,05	1160
12	900	270	5	1,25	4	5,532	144	38	12	0,05	1160
12	900	270	30	1,25	4	5,532	144	38	12	0,05	1160

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Resultados:

Rad en panel	Rad C_C	Vatios bat	Inversor	Consumo CA	P_inversor	P_bateria	Consumo esparado	% carga bat	% falla	potencia trab	tiempo seg.
173620	15020	17711	7334	6956	378	7030	6960	95,8757	0	88,4635	15,468
173620	15020	28511	7334	6956	378	5950	6960	96,6072	0	88,4635	
429770	39121	17713	7334	6984	350	31129	6960	96,3526	0	91,1331	
43854	3945	13666	7334	6963	371	0	6960	74,9216	0	90,509	
29520	2706	12427	7334	6982	352	0	6960	68,4799	0	90,0519	
429770	39121	17713	7334	6984	350	31129	6960	96,3526	0	91,1331	
173620	15020	28511	7334	6956	378	5950	6960	96,6072	0	88,4635	
173620	15020	28511	7334	6956	378	595	6960	96,6072	0	88,4635	
173620	7518	17239	7334	6956	378	0	6960	90,1792	0	44,2318	
173620	45077	17181	7334	6956	378	37080	6960	96,4524	0	265,391	

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

D-6 Tabla de replicaciones: simulador con distribución Normal y consumo regulado y períodos largos

Entradas:

Voltaje Bat	Capac Bat.	Minima Carg	% efic.	Superficie P	Nº Paneles	Irradiancia M	Tiempo(horas)	Temp max.	Temp min.	Coef perd inv	Consumo R.
12	900	270	10	1,25	4	5,532	8760	38	12	0,1	1160

Resultados de replicaciones:

Rad en panel	Rad C_C	Vatios bat	Inversor	Consumo CA	P_inversor	P_bateria	Consumo es	% carga bat	% falla	potencia trab	Tiempo procesador seg.
173620	15020	17711	7334	6956	378	7030	6960	95,876	0	88,4635	15,47
168927	14794	17707	7334	6950	384	6808	6960	95,873	0	91,0407	16,48
166129	14479	17712	7334	6947	387	6488	6960	95,885	0	89,3986	14,66
171731	15253	17714	7334	6961	373	6961	6960	95,886	0	91,1642	16,41
177061	14914	17706	7334	6987	347	6929	6960	95,942	0	92,4007	18,67

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Anexo E

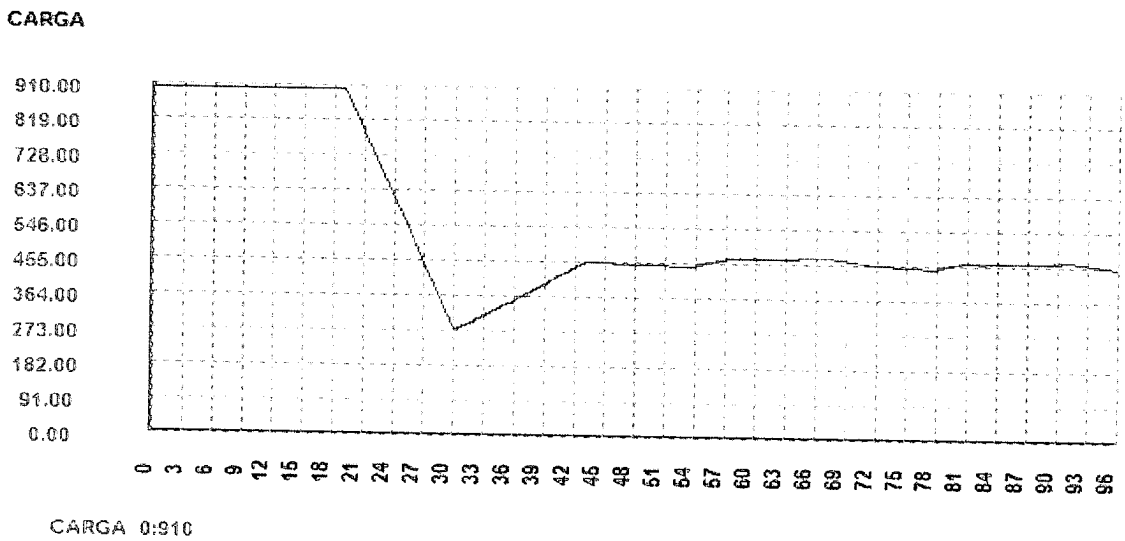
Algunas gráficas de las pruebas realizadas

E-1 Gráficos generados por el simulador con distribución uniforme

Este simulador genera gráficos que muestran como evoluciona la carga de la batería y la radiación incidente sobre los paneles a lo largo del tiempo. Los gráficos que se muestran en esta sección corresponden al primer caso de prueba del anexo D-1.

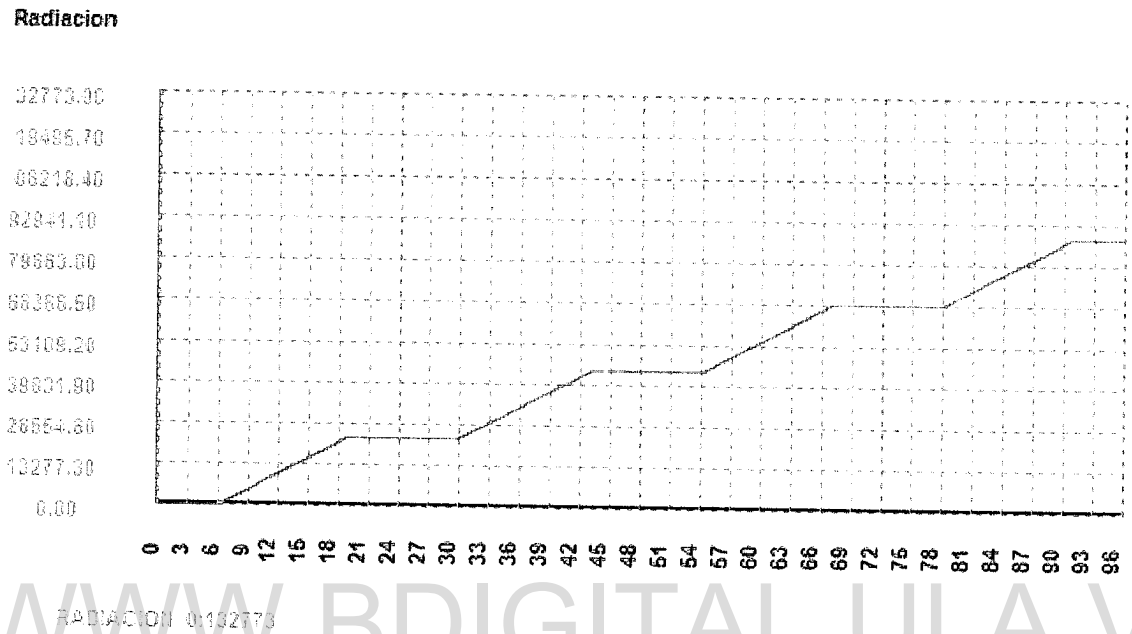
WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Gráfico de carga de la batería:



Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Gráfico representativo de la generación de radiación:



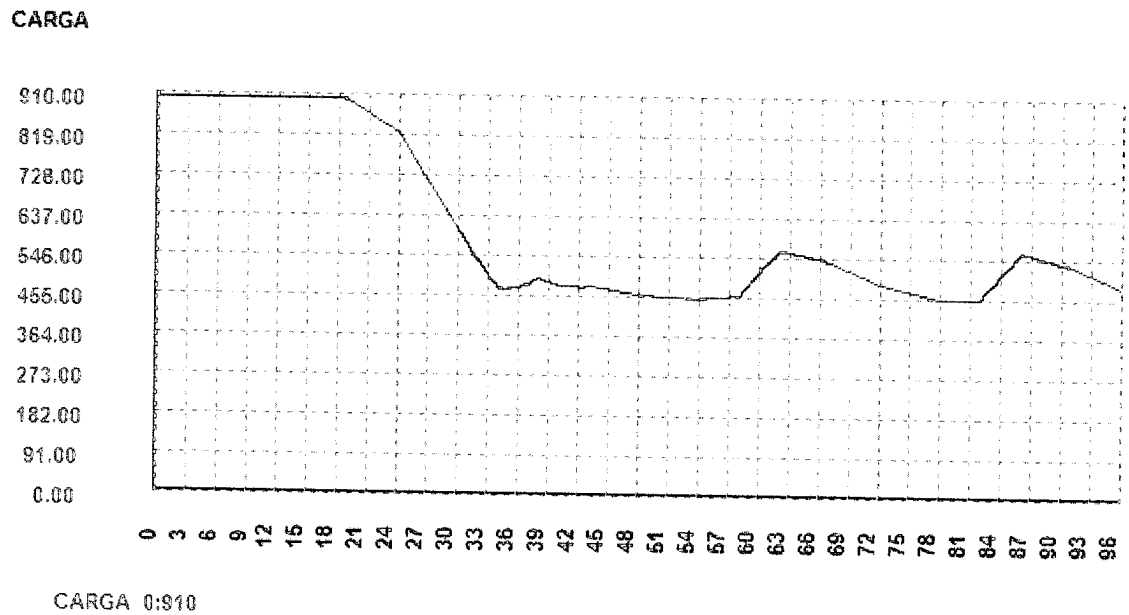
WWW.BDIGITAL.ULA.VE

E-2 Gráficos generados por el simulador con distribución uniforme escalón

Al igual que en el anexo E-1, se generan gráficos que representativos de la evolución de la carga de la batería y la radiación incidente sobre los paneles a lo largo del tiempo, pero con una variante en la generación de la radiación. Los gráficos que se muestran en esta sección corresponden al primer caso de prueba del anexo D-2.

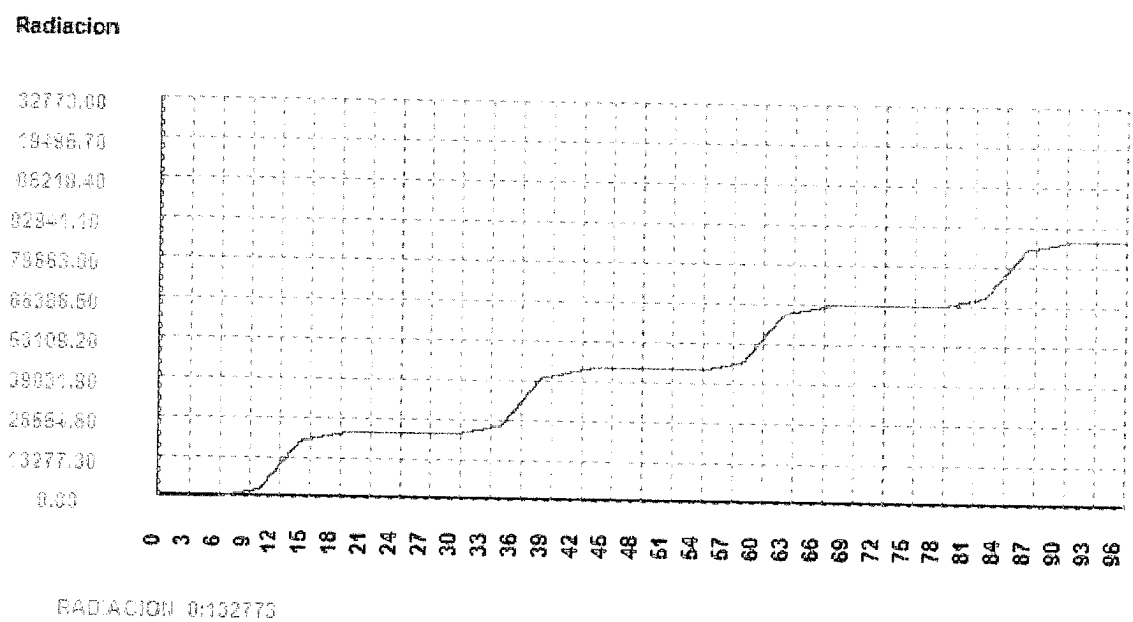
Gráfico de carga de la batería:

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Gráfico representativo de la generación de radiación:

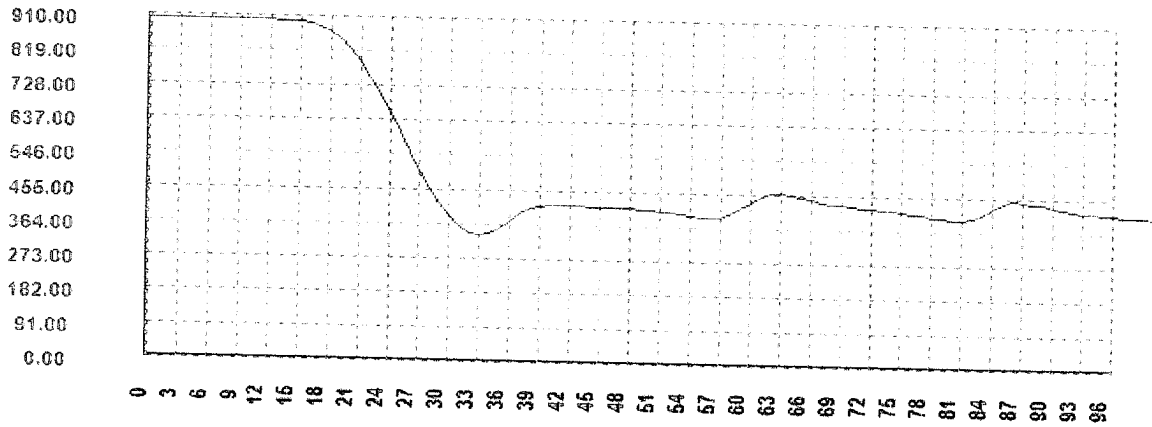


Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

E-3 Gráficos generados por el simulador con distribución binomial

Los gráficos que se muestran en esta sección corresponden al primer caso de prueba del anexo D-3.

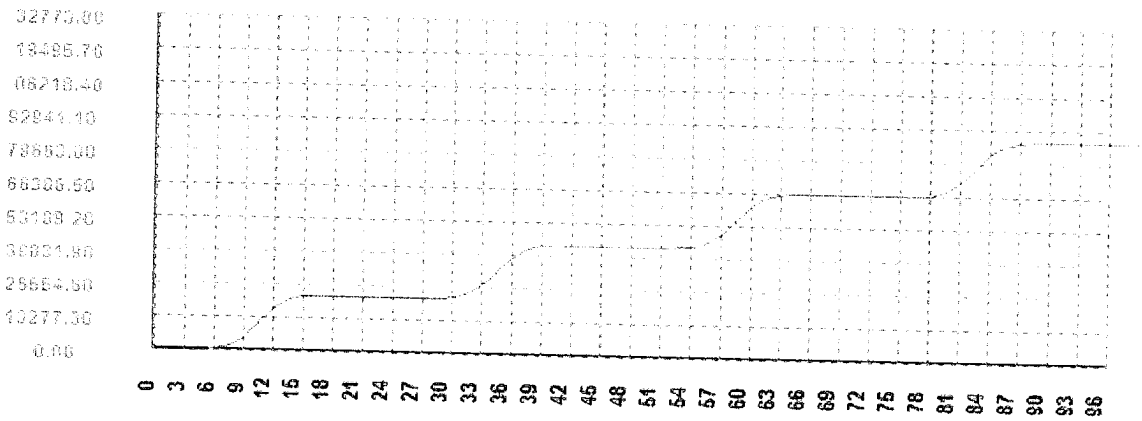
CARGA



CARGA 0:910

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Radiacion

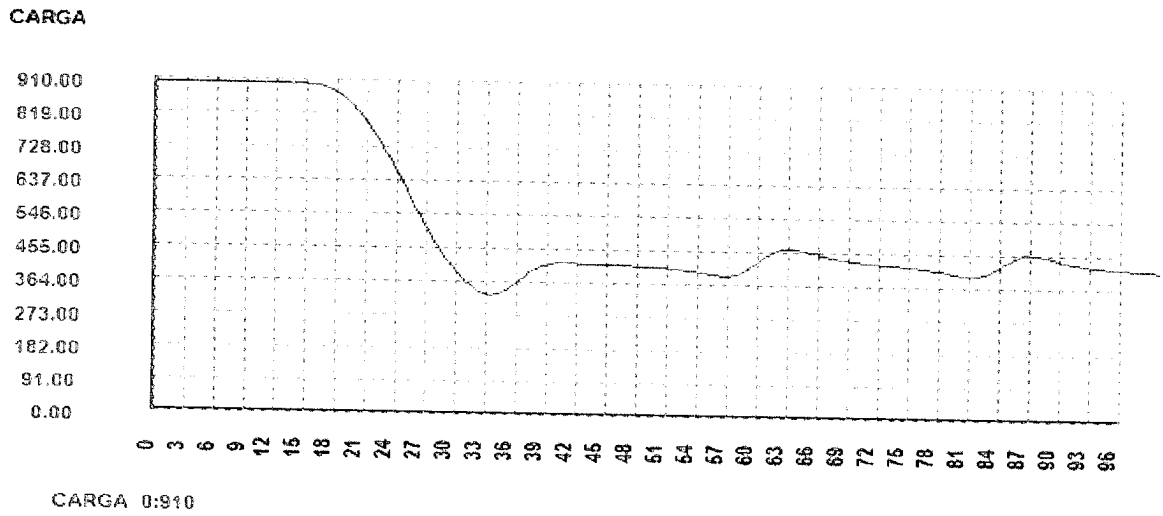


RADIACION 0:132773

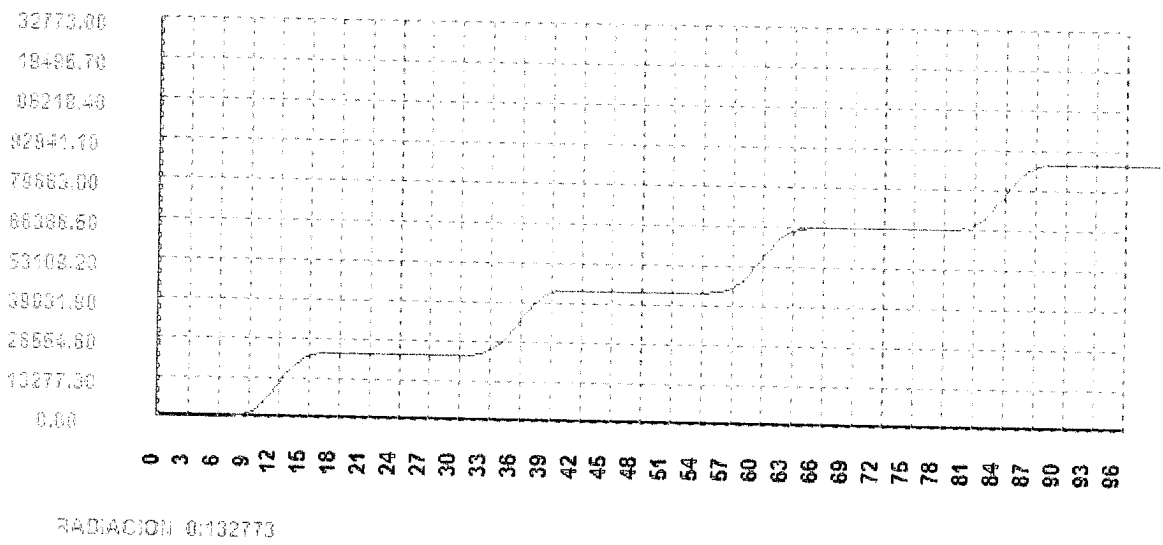
Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

E-4 Gráficos generados por el simulador con distribución normal

Los gráficos que se muestran en esta sección corresponden al primer caso de prueba del anexo D-4.



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

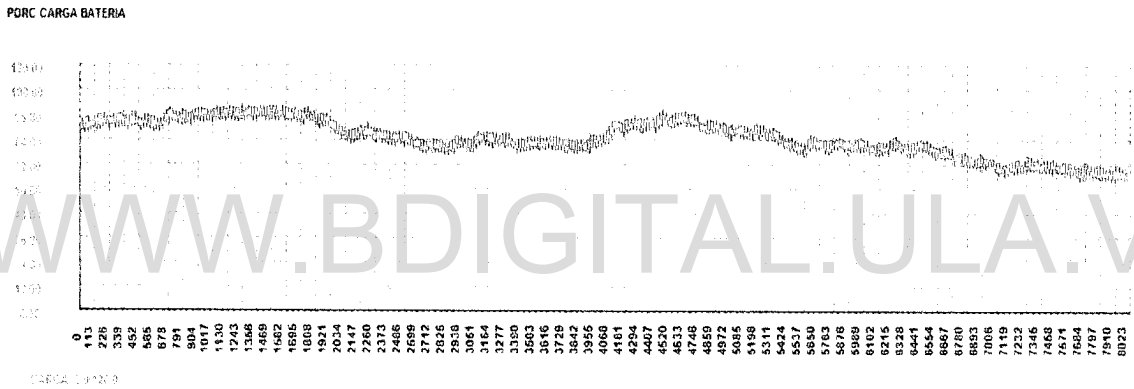


Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

E-5 Gráficos generados por el simulador con distribución normal consumo regulado

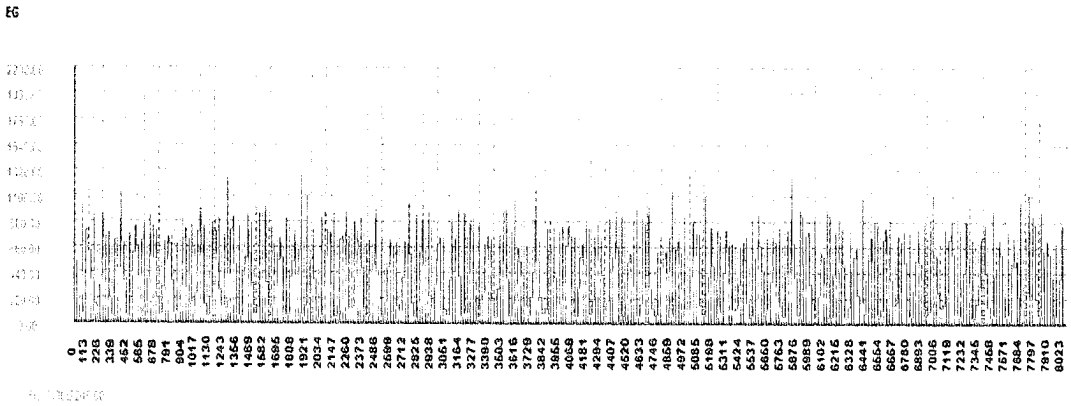
Los gráficos mostrados en esta sección se relacionan con una simulación en donde el voltaje de las batería igual a 12V, capacidad del banco de baterías de 2900 amperios, carga mínima permitida de 580 amperios, paneles de 50 Wp, 22 paneles usados, una radiación promedio diaria de 4,2 kWh / (m2.DIA), simulación para un 8.000 horas, el coeficiente de perdidas del inversor es 0,05, consumo diario de 3.600 Wh/día.

Gráfico que muestra el comportamiento del porcentaje de carga de la batería:



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Gráfico que muestra el comportamiento de la radiación a lo largo del tiempo:

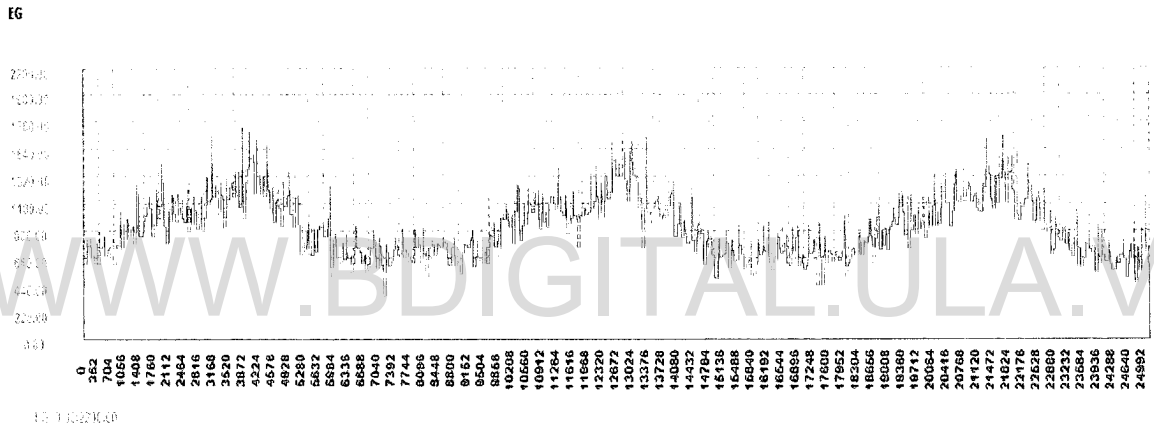


Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

E-6 Gráficos generados por el simulador con distribución normal, consumo regulado y períodos largos

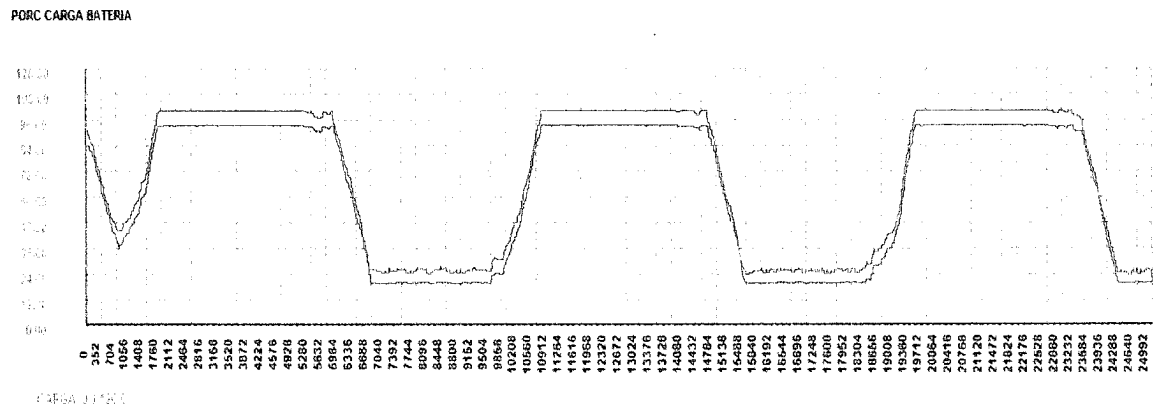
Los gráficos presentados en esta sección corresponden una simulación en donde el voltaje de las batería igual a 12V, capacidad del banco de baterías de 2900 amperios, carga mínima permitida de 580 amperios, paneles de 50 Wp, 22 paneles usados, simulación para un 25.000 horas, el coeficiente de perdidas del inversor es 0,05, consumo diario de 3600 Wh/día.

Gráfico que muestra el comportamiento de la radiación a lo largo del tiempo:



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Gráfico que muestra el comportamiento del porcentaje de carga de la batería:



Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Anexo F

Lista de eventos futuros para un caso particular

Lista parcial de eventos futuros generada por GLIDER para el caso de prueba referido en el anexo D-5:

```
Future Event List at Time    0.000
NODE          START     T    0.000  IND     1  EVP       0
NODE            GRA     T    0.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T    0.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T    0.000  IND     1  EVP       0
NODE            GRA     T    1.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T    1.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T    1.000  IND     1  EVP       0
NODE            GRA     T    2.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T    2.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T    2.000  IND     1  EVP       0
NODE            GRA     T    3.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T    3.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T    3.000  IND     1  EVP       0
:                            :                            :
NODE            GRA     T  142.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T  142.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T  142.000  IND     1  EVP       0
NODE            GRA     T  143.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T  143.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T  143.000  IND     1  EVP       0
NODE            GRA     T  144.000  IND     1  EVP       0
NODE        CONTROL     T  144.000  IND     1  EVP       0
NODE DISTRIBUCION       T  144.000  IND     1  EVP       0
```

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Anexo G

Valores y gráfica de irradiación

G-1 Valores de irradiación

UTC_Date	UTC_Time	SolTot_[W/m^2]	SolDiff_[W/m^2]
01.09.2006	00:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	01:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	02:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	03:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	04:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	05:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	06:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	07:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	08:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	09:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
01.09.2006	10:00:00	1,22E+00	0,92E+00
01.09.2006	11:00:00	3,30E+02	2,95E+02
01.09.2006	12:00:00	2,46E+03	5,42E+02
01.09.2006	13:00:00	5,58E+03	7,16E+02
01.09.2006	14:00:00	7,78E+03	8,25E+02
01.09.2006	15:00:00	9,73E+03	2,44E+03
01.09.2006	16:00:00	9,95E+03	5,37E+03
01.09.2006	17:00:00	5,48E+03	5,29E+03
01.09.2006	18:00:00	5,82E+03	5,23E+03
01.09.2006	19:00:00	6,76E+03	5,09E+03
01.09.2006	20:00:00	4,26E+03	3,86E+03
01.09.2006	21:00:00	1,52E+03	1,46E+03
01.09.2006	22:00:00	1,13E+03	9,86E+02
01.09.2006	23:00:00	6,37E+01	5,99E+01
02.09.2006	00:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

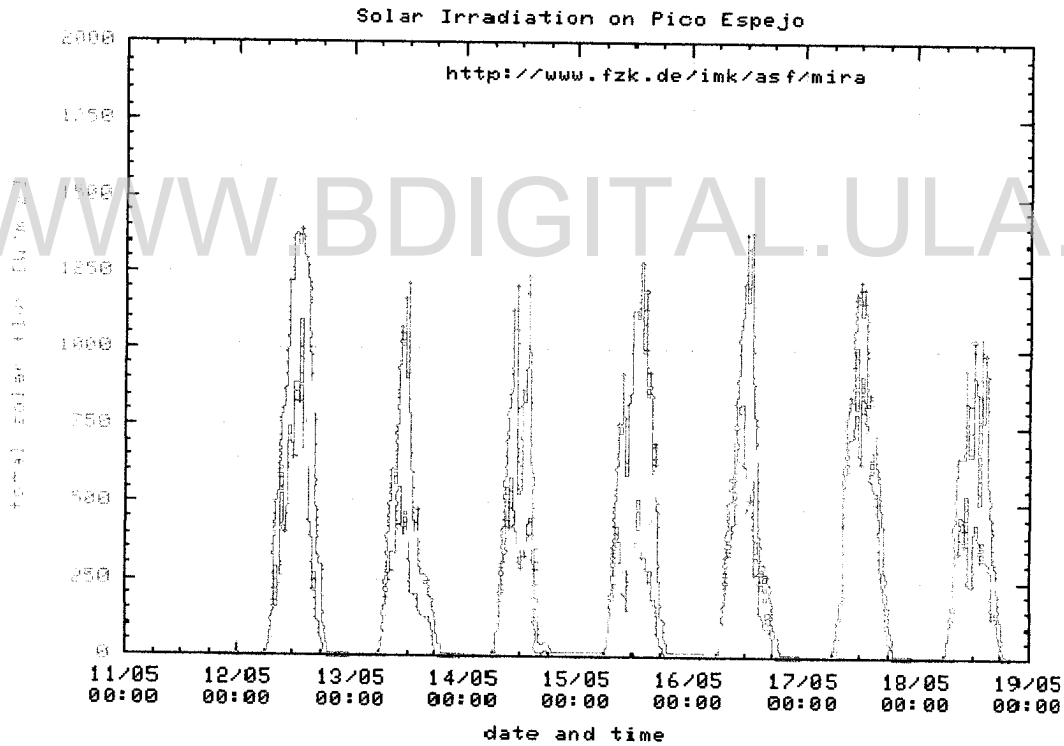
Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

02.09.2006	01:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
02.09.2006	02:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
02.09.2006	03:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00
02.09.2006	04:00:00	0.0000e+00	0.0000e+00

Valores de radiación total y difusa para la estación Pico Espejo Mérida edo. Mérida.

http://www-imk.fzk.de/asf/mira/Merida/

G-2 Gráfica de irradiación



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)