

ELECSOLRURAL

Seminário Minirredes e sistemas híbridos com energias renováveis na eletrificação rural.

25-26 Maio 2011 São Paulo, Brasil

Multiuser Solar Grids (MSG): Análisis de 5 años de funcionamiento y nuevos desarrollos

Jordi Ribas

- Trama TecnoAmbiental, Barcelona, Spain –

jordi.ribas@tta.com.es

Trama TecnoAmbiental (TTA)

- PYME fundada en Barcelona en 1986
- Consultoría independiente en Energías Renovables distribuidas.
- Consultoría, Ingeniería. Investigación, gestión de proyectos, aspectos sociales, financieros, ...
- Desde 1989: Profesionales de la electrificación rural aislada
- Diseño y gestión de proyectos de micro plantas híbridas con ER y micro-redes para la electrificación rural en el sur este de Europa, África, Latino América...



Micro-redes realizadas

	Año	País
Floreana	2001	Ecuador
Bni Said	2001	Marruecos
12	2000-2003	España
Akkane	2006	Marruecos
Yé	2006	Ecuador
Atouf	2007	Palestina
Azaghar	2009	Marruecos
Emnazeil	2010	Palestina
	(en desarrollo)	Cabo Verde, Palestina, Chile

Índice

- **Diseño de micro-redes. Experiencia de TTA entre 1989 - 2011**
- **Caso particular de micro-red fotovoltaica. 5 años de operación en la comunidad de La Ye de 5 piso.**
- **Nuevos desarrollos en equipos**
- **Conclusiones**

ttta

Comparación entre FV Individual y Micro redes

	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
<u>Electrificación Individual</u> <u>Micro plantas</u>	<ul style="list-style-type: none">• El consumo es gestionado por el usuario día a día.• Cortes eléctricos afectan tan solo a un usuario.• La instalación puede ser trasladada fácilmente de localización.	<ul style="list-style-type: none">• Limitado aumento de capacidad.• Monitorización individual más cara.• Servicio de mantenimiento y reparaciones complejo en áreas rurales.
<u>Multiuser Solar</u> <u>Grids (MSG)</u>	<ul style="list-style-type: none">• Mejora de la calidad de servicio.• Menos inversión en localidades compactas.• El ahorro de energía puede ser realizado mediante herramientas de gestión.• Costes de mantenimiento menores.• Creación de empleo y infraestructuras locales.	<ul style="list-style-type: none">• Si la planta falla, todo el pueblo padece el corte de energía.• Son necesarias reglas sociales para la distribución de la energía disponible.• Es requerida una gestión local.

- **Desafío: compartir la energía disponible sin conflictos**
- ➔ **Problema de distribución y medición de energía!**

Principios de diseño instalaciones autónomas

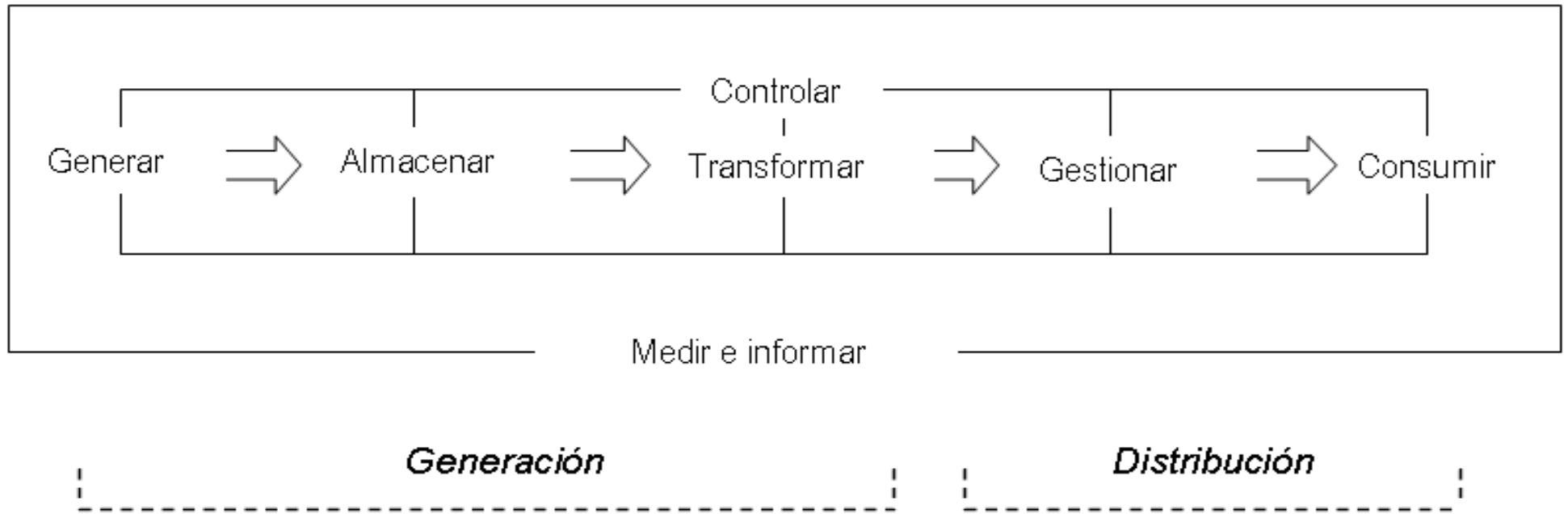


Figura 1. Funciones principales de un equipo generador híbrido autónomo

Medir e informar: operador (gestión de la planta, cobros, etc.), usuario (uso y disponibilidad de energía, etc.)

Monitorización – Medir e informar

Combinación de cuestionarios y data logger

- **Usuario:**
 - Satisfacción ??
 - Nivel de batería
 - Cortes?



Data logger:

Servicio integrado en el gestor de energía

Almacenamiento de datos horarios (1 año):

Valores horarios medios y totales

Parámetros:

Flujos de energía relevantes

Irradiación solar

Información de baterías

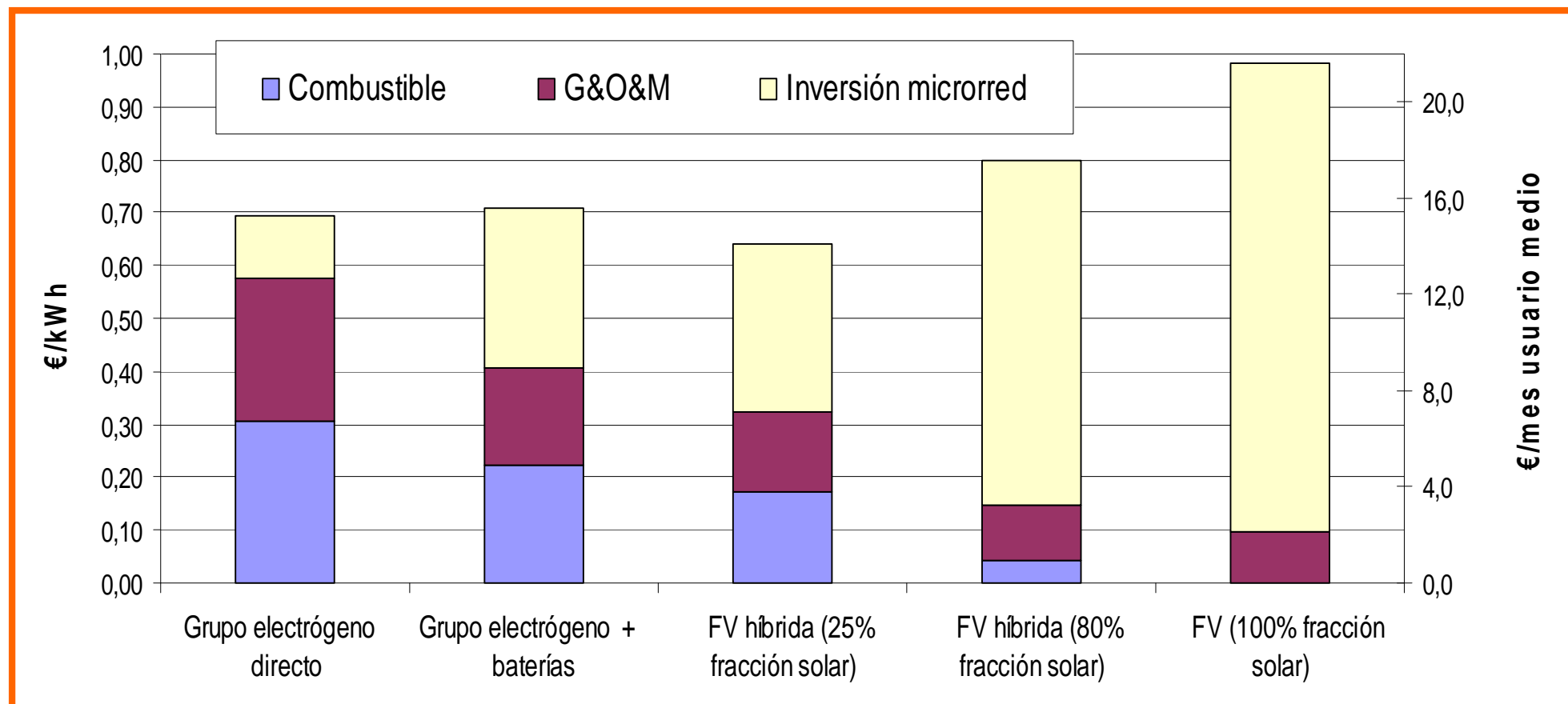
otros

Gestión de la energía

Gestión del servicio energético

- Objetivo: viabilidad del servicio a largo plazo. Es necesario:
 - Conocer los costes INVERSIÓN (inicial, reposiciones) + G&O&M (FIJOS, VARIABLES)
 - Habilitar los ingresos necesarios para cubrir costes
- Tipicamente ingresos fijos (G&O&M) = tarifas. Pero es preciso adaptarlas a:
 - Voluntad de pago de los usuarios
 - Necesidades energéticas (demanda)
 - Simplificación del modelo de gestión

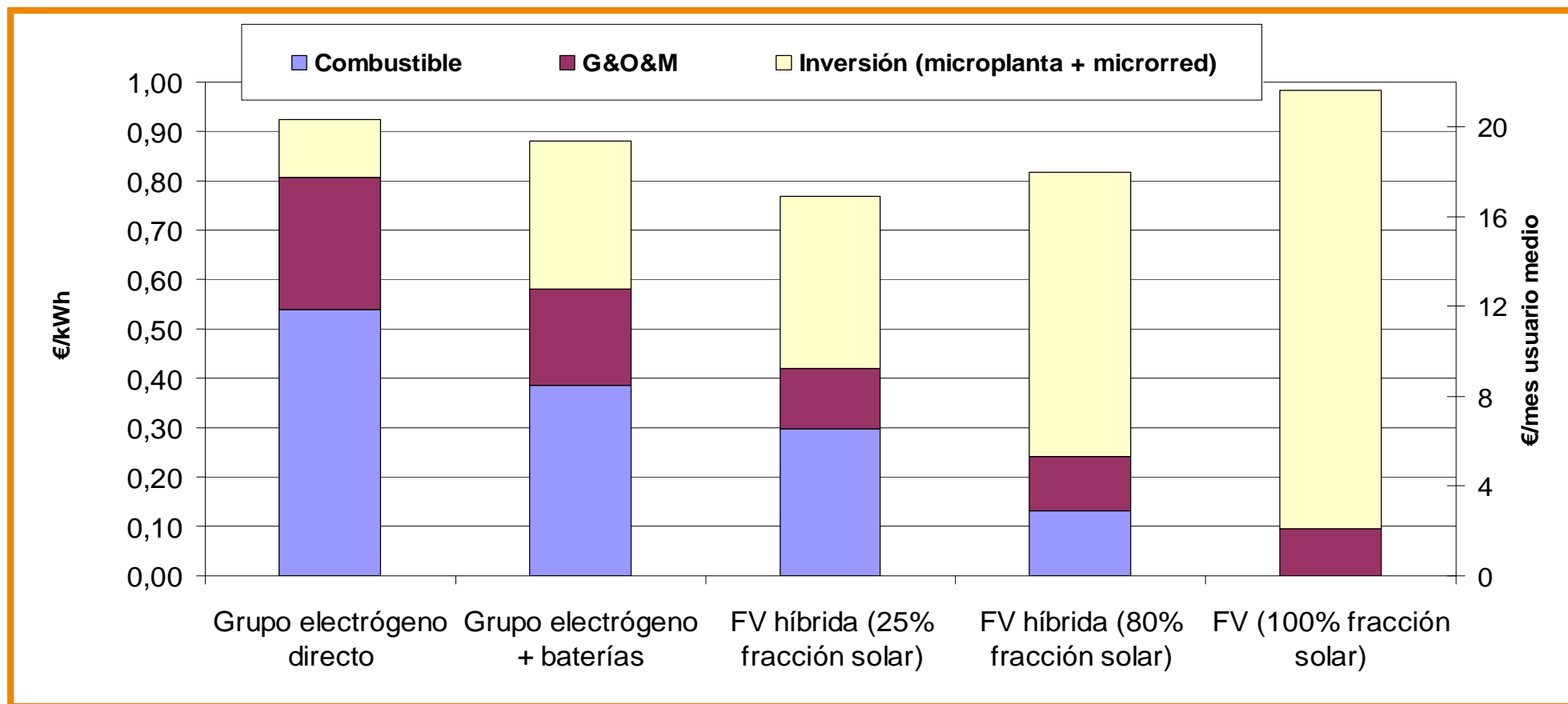
FV más sostenible que grupos electrógenos



**Costes nivelados para FV y tecnologías diesel en micro-redes con 340 usuarios en Perú
(D.R. 5%, Diesel: 0,57 €/l)**

Fuente: http://www.esmap.org/filez/pubs/620200785630_Peru_Solar-Diesel_Amazon_111-07.pdf

FV más sostenible que grupos electrógenos



**Costes nivelados para FV y tecnologías diesel en micro-redes con 340 usuarios en Perú
(D.R. 5%, Diesel: 1 €/l)**

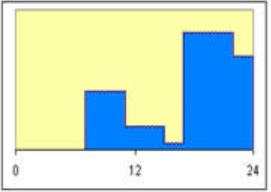
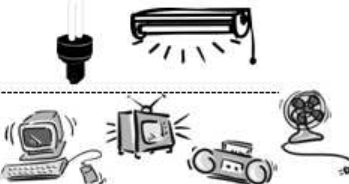
Source: http://www.esmap.org/filez/pubs/620200785630_Peru_Solar-Diesel_Amazon_111-07.pdf

Energía Disponible

- Tradicionalmente en conexión a red: usuarios pagan por kWh consumido
- En electrificación autónoma con ER: el aspecto clave es la limitación de la energía disponible
- Tarifas en micro-redes rurales con ER deben reflejar este concepto
- Tarifas basadas en **Energía Disponible** (parecido a cuota por servicio ≠ prepago)
- Sistema más efectivo y sencillo para la planificación financiera para el operador y el cliente reduciendo costes de transacción

Curvas de carga típicas

Perfil 1- Ciclo diario cargas rígidas

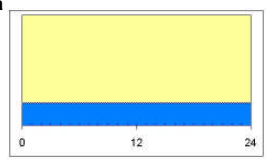
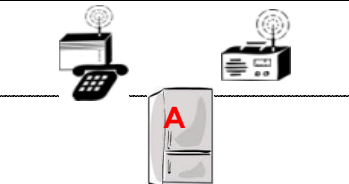
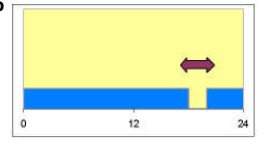
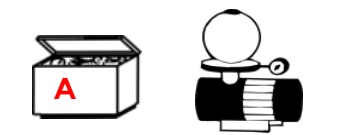
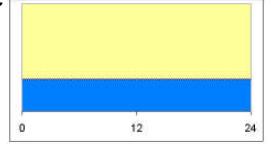

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
1 		NO	NO	NO	YES	275	550
						275	550

Perfil 2- carga base

2a-Carga base

2b- Carga base Interrumpible

2c- Carga base- Stand-by

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
2a 		NO	NO	NO	NO	275	275
						550	1100
2b 		NO	NO	YES	NO	550	1100
2c 		YES	NO	YES	YES	0	1100



Segmentación de la demanda

Se agrupan los hogares en función de la Demanda de Energía Diaria que define el perfil de consumo.

	Categoría A	Categoría B	Categoría C
Tipo de uso	Individual básico "consumo bajo" (luz y audio/video).	Servicios individuales medios (igual que 1 + congelador o nevera y aparatos) O servicios comunitarios (centro de salud: luz y congelador, etc.)	Servicios individuales altos (igual que 2 + lavadora, aspiradora, herramientas pequeñas, etc.) O iluminación pública
Características de consumo	<ul style="list-style-type: none"> •Bajo número de receptores •Baja potencia de receptores •Perfil 1 (P1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de receptores medio • Receptores más potentes • Perfiles 1, 2 y 3(P1+P2+P3) • o múltiples usuarios simples (P1+P1+ .. n) 	<ul style="list-style-type: none"> • Número alto de receptores • Algunos receptores de alta potencia • Perfil de carga variable (P1+P2+P4+P5) • o múltiples usuarios (P1+P1+P2+ .. n)
Potencia probable	$P_n \leq 50 \text{ W}$	$0,1 \text{ kW} < P_n < 1,5 \text{ kW}$	$0,5 \text{ kW} \leq P_n < 3 \text{ kW}$
Probable aumento de potencia	$P_s = 100 \text{ W}$	$P_s = P_n + 1 \text{ kW}$	$P_s = P_n + 2 \text{ kW}$
Demanda de energía diaria media	$E \leq 550 \text{ Wh/d}$	$E \leq 2,2 \text{ kWh/d}$	$E < 5 \text{ kWh/d}$

Tarifas de referencia basadas en Energía Disponible (ED)

TD-17/0,5 Limit Wh/day: 550

	Number	Unit. Power	hours	Wh/day
Bulbs	5	11	4	220
TV	1	60	3	180
DVD player	1	20	3	60
Radio	1	25	2	50
Cellular charger	1	10	1	10
<i>Total</i>				520



4h



3h



2h



1h



3h

TD-25/0,5 Limit Wh/day: 825

	Number	Unit. Power	hours	Wh/day
Bulbs	5	11	4	220
TV	1	60	3	180
DVD player	1	20	3	60
Radio	1	25	2	50
Cellular charger	1	10	1	10
Water pump	1	300	1	300
<i>Total</i>				820



4h



3h



2h



1h



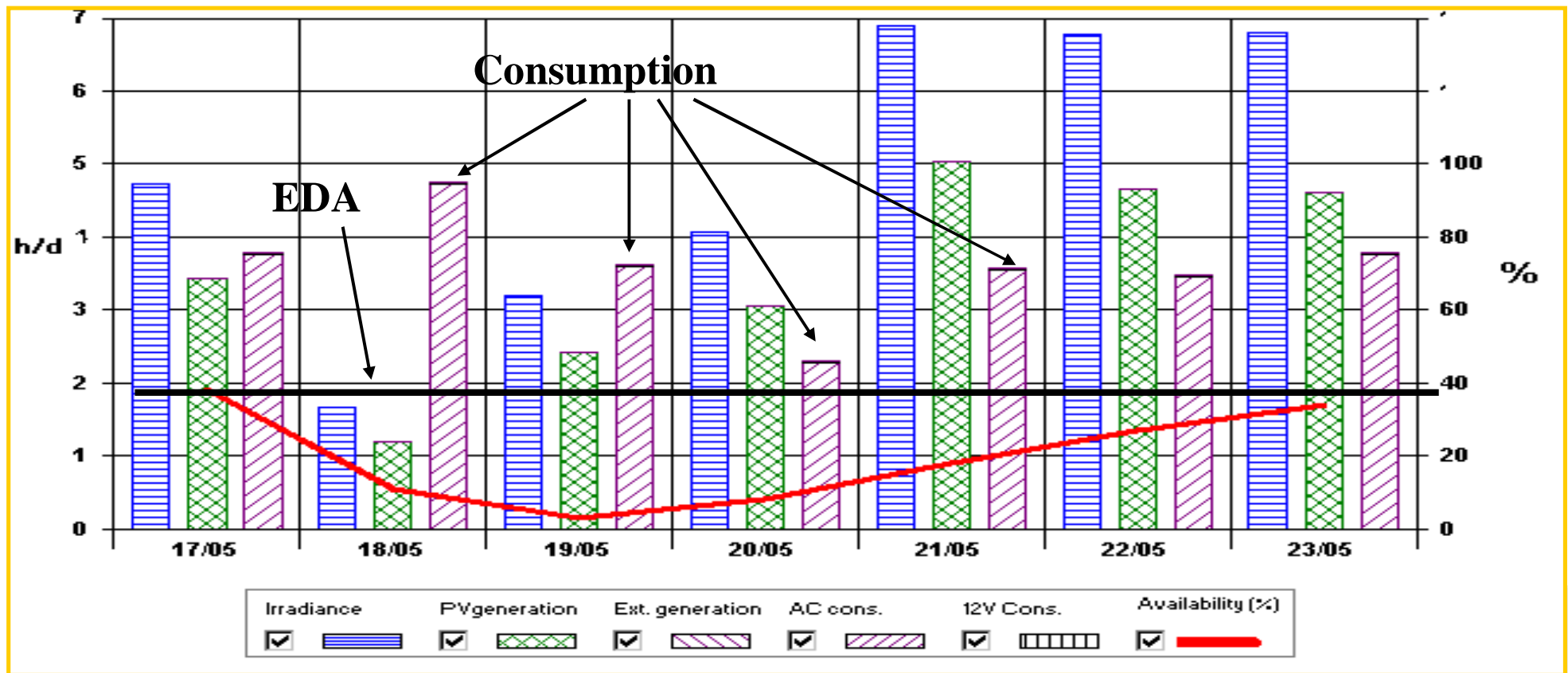
3h



1h

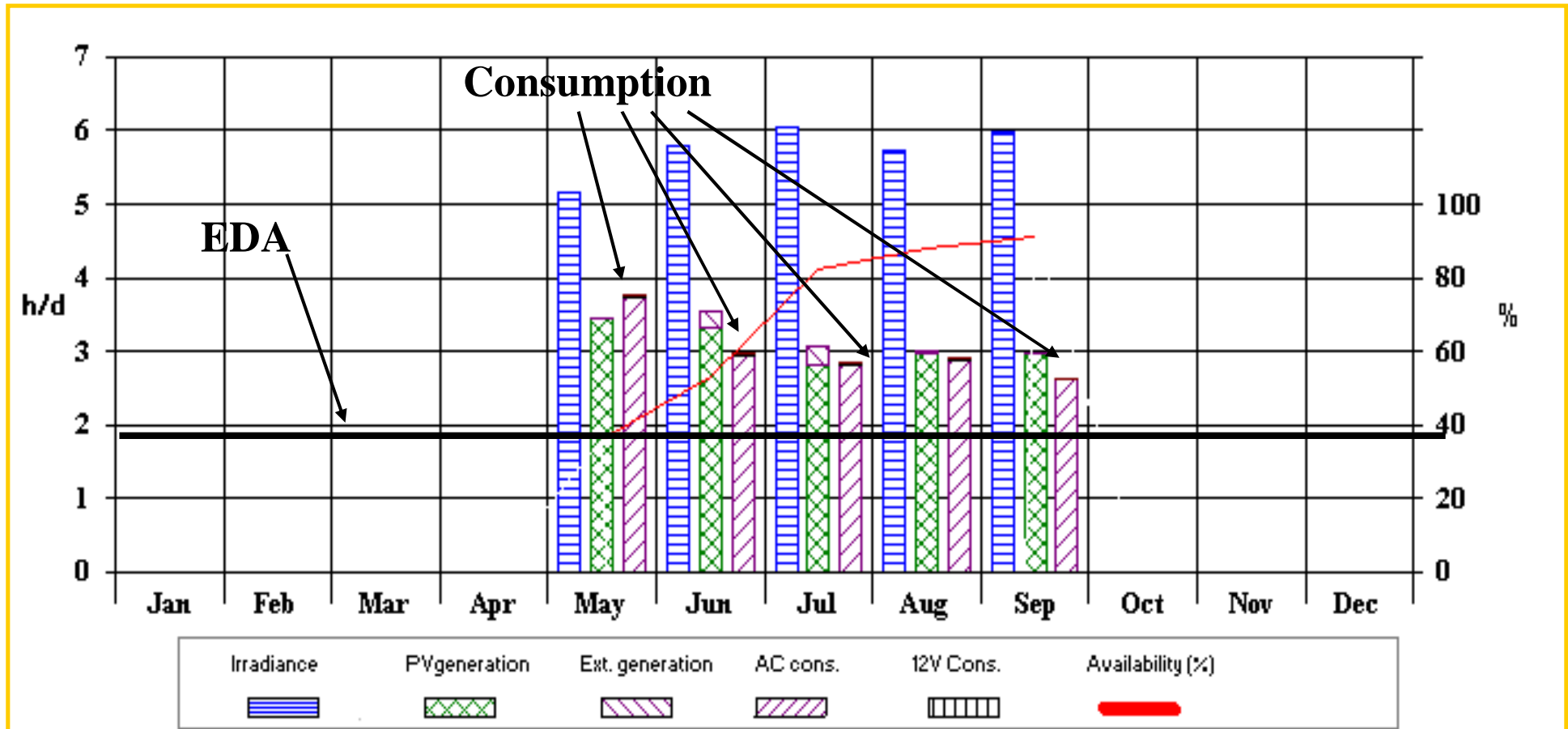
Aplicación ED

2 usuarios exceden el límite de consumo de diseño



Aplicación ED

Dispensador de energía solucionó el problema



Ventajas de tarifas fijas

Por qué tarifas fijas?

- Gestión de la demanda de consumo
- Tener previsión de ingresos y cash-flow
- Reducir los costes de transacciones
- Reducir el número de facturas impagadas

2 puntos clave

- El principal actor para la gestión de la carga es el usuario
 - Necesaria **formación**

- La gestión de la demanda necesita de **medición** y **difusión** del estado del sistema
 - Potencia y energía generada
 - Potencia y energía consumida
 - Energía disponible
 - Estado de las baterías



Herramientas de gestión de la demanda

- Interface de información y formación
- Desconexión automática de la carga
- Limitación de energía individual (sistema multi usuario)



Gestión de carga: Dispensador eléctrico

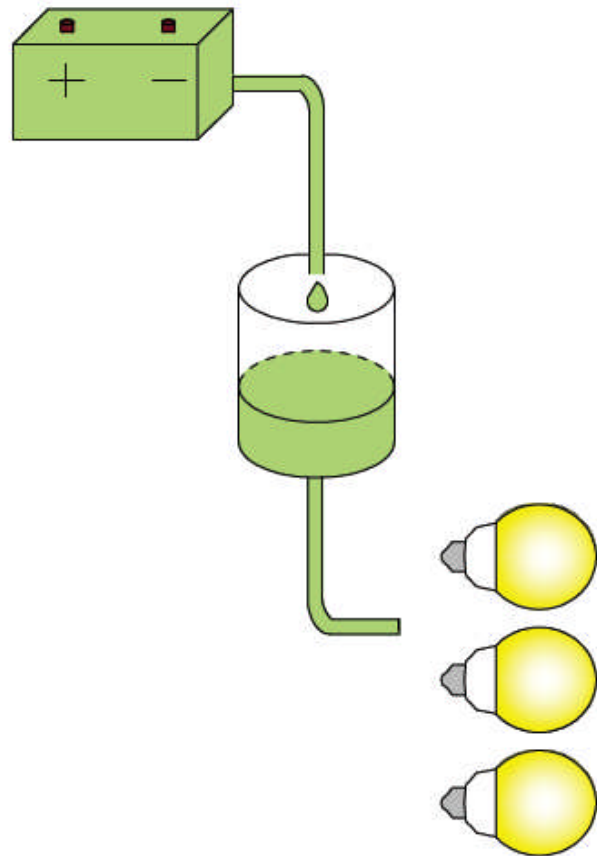
- Interface de medición y facturación
- Limitación de energía y potencia y monitorización de acuerdo con la energía disponible contratada
- Los usuarios pagan por energía disponible, no por energía consumida

VENTAJAS:

- El usuario es enseñado a un uso equilibrado de la energía. Sostenibilidad.
- Extensión de la vida de las baterías y mejora en la calidad de servicio
- Disminución del uso del generador eléctrico
- Aumento de la satisfacción del usuario: menos cortes eléctricos
- Repartición o distribución adecuada de la cantidad de energía disponible entre los usuarios: reducción de conflictos
- Adaptación de la de demanda y producción de energía



Dispensador – Como funciona



Consumo equilibrado

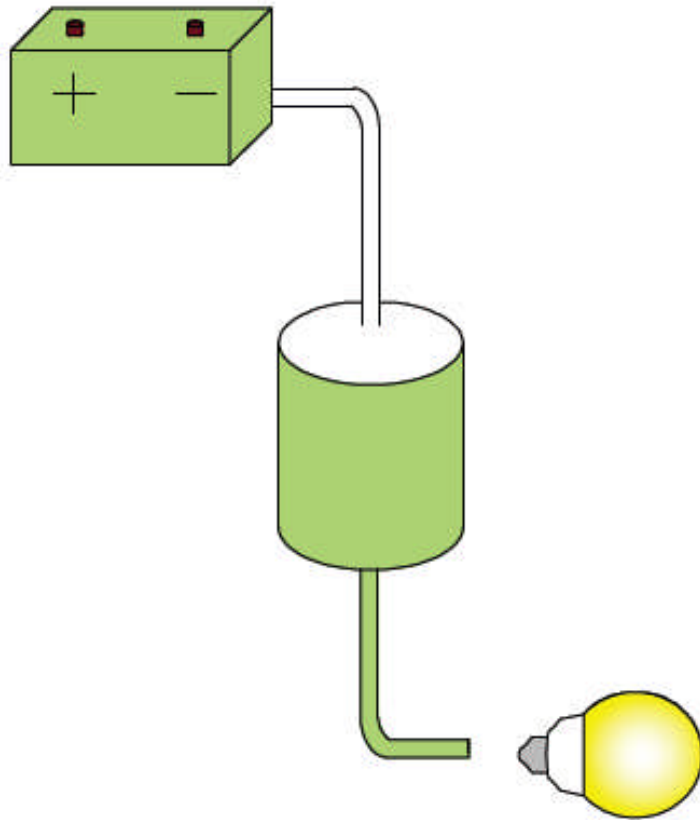
El dispensador puede ser visto como un tanque de agua actuando como buffer.

El tanque es llenado constantemente de forma proporcional a la energía diaria contratada de la micro-red.

El tanque se vacía en función del consumo.

Cuando la velocidad de consumo es igual a la de llenado, nos encontramos en consumo equilibrado.

Dispensador – Como funciona



Bajo consumo

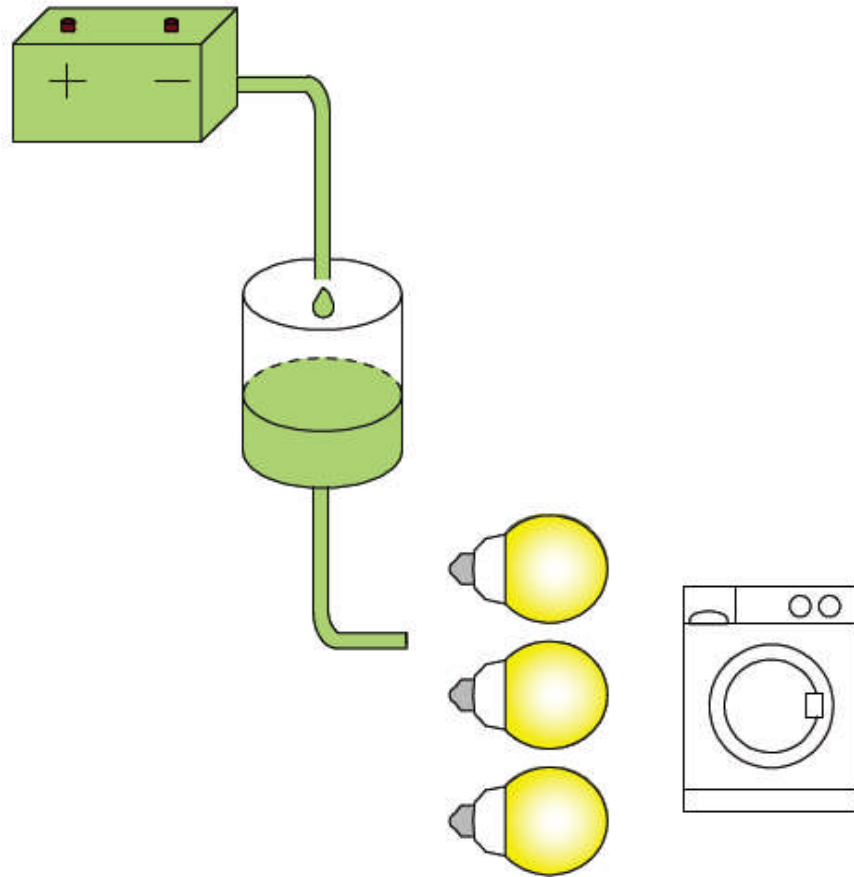
Si hay un consumo bajo, el tanque se llena.

El tanque tiene la capacidad de varios días de Energía Disponible contratada.

Se puede usar esta energía en cualquier momento pero no se puede acumular más que la capacidad del tanque.

ttta

Dispensador – Como funciona

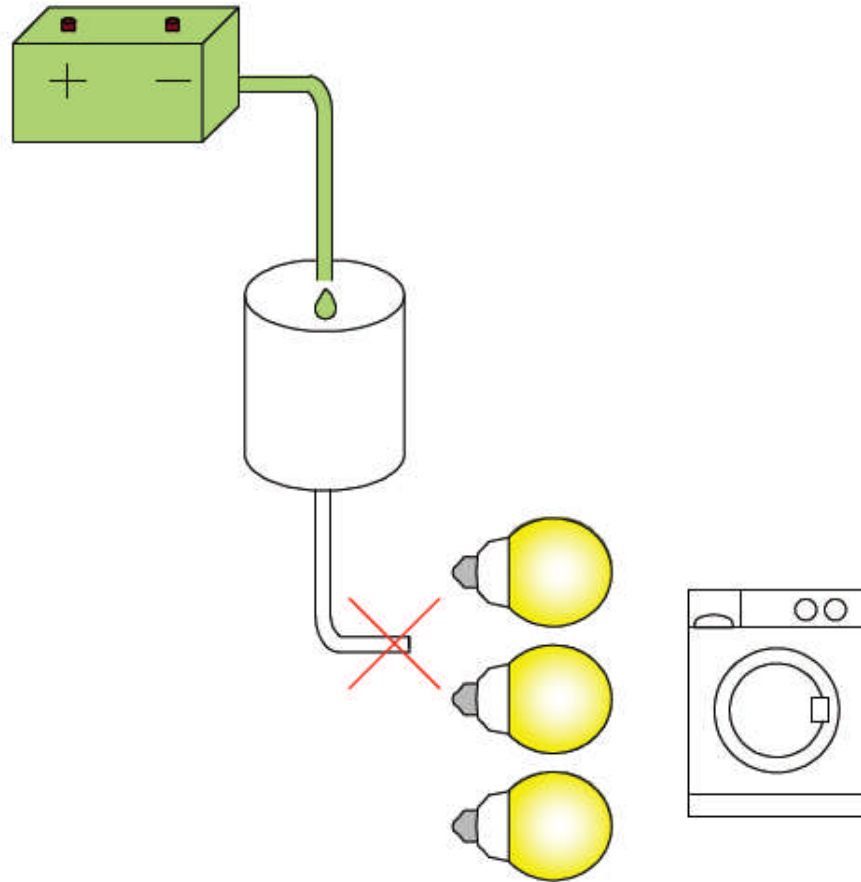


Alto consumo

Si el consumo es alto, el tanque se va vaciando.

ttta

Dispensador – Como funciona



Alto consumo continuado

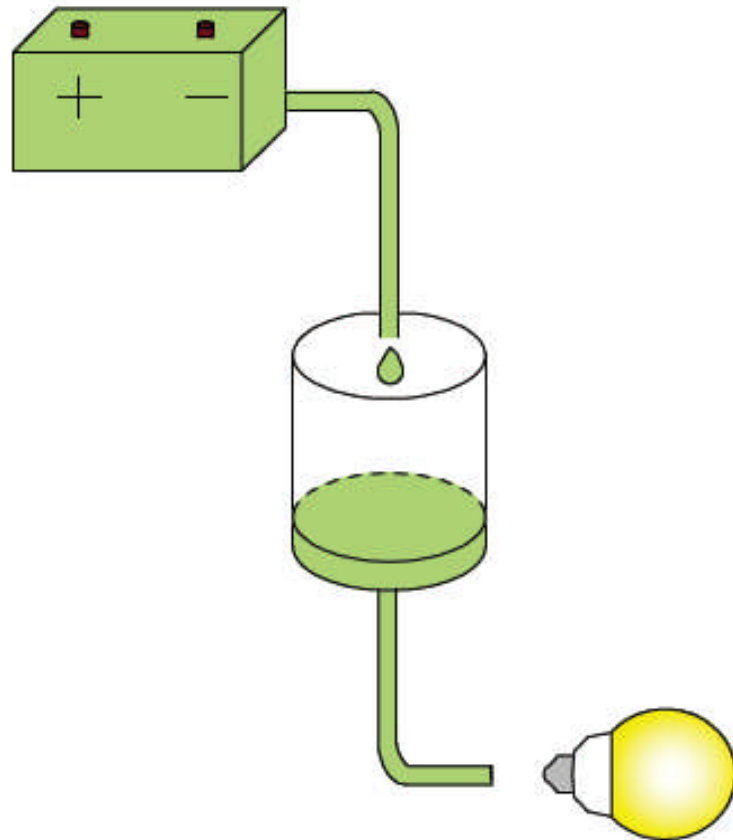
Si el tanque se vacía, el dispensador dejará de proporcionar electricidad al usuario.

Se deberán luego desconectar cargas para que el tanque empiece a llenarse de nuevo.

El dispensador continuará llenando el tanque siempre al mismo ritmo.

ttta

Dispensador – Como funciona



Recuperación

Después de unos minutos se continuará el suministro de energía con un consumo menor.

El tanque continúa llenándose siempre al mismo ritmo según la Energía Disponible contratada.

ttta



Ejemplos de MSG

**La Y del quinto piso - Ecuador
(2006)**

ttta

Metodología seguida

- Marco legal e institucional
- Viabilidad técnica y financiera
- Diseño
- Ejecución y puesta en funcionamiento
- Operación y mantenimiento

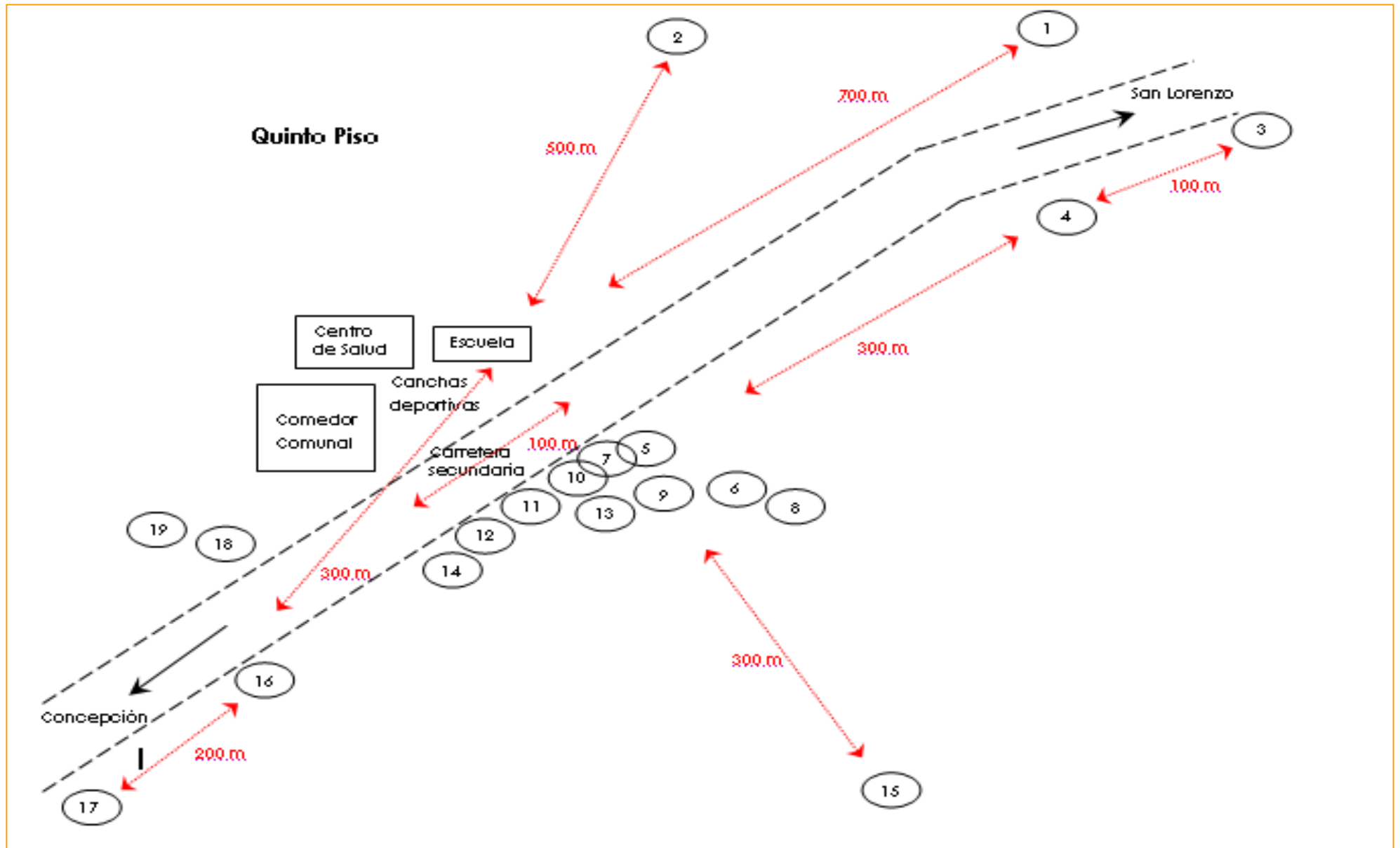




La Y de 5to Piso



Análisis de la demanda



Diseño

Opciones coste de inversión inicial:

i. MGS para todas las acometidas: 103.000 USD

ii. 24 Equipos FV individuales: 115.000 USD

iii. MGS para 15 acometidas + 9 equipos FV individuales:

92.562 USD final

Diseño

Potencia nominal generador FV	3.000 Wp
Regulador MPPT	80 A
Batería	32,25 kWh (48Vx672Ah C100)
Ondulador sinusoidal	3.600 W
Registro de datos y gestor	1 ud.

Tabla 1. Características técnicas de la MGS

Potencia nominal generador FV	400 Wp
Regulador serie	15 A
Batería	3,6 kWh (24Vx150Ah C100)
Ondulador senoidal	600 W

Tabla 2. Características de los sistemas individuales T17

Potencia nominal generador FV	200 Wp
Regulador serie	15 A
Batería	1,8 kWh (12Vx150 Ah C100)
Ondulador senoidal	300 W

Tabla 3. Características de los sistemas individuales T08



Segmentación de la demanda

	Hogar “muy bajo”	Hogar “bajo”	Iluminación pública	Edificios comunitarios
Tipo de uso	<ul style="list-style-type: none"> •Bajo número de receptores •Baja potencia de receptores •Perfil 1 (P1) 	(igual que categoría “muy bajo” pero más horas – no nevera) <ul style="list-style-type: none"> • Baja potencia de receptores •Perfil (P1) 	Iluminación por la noche 13 Lámparas – 70W	Escuela, mezquita y edificio comunitario público <ul style="list-style-type: none"> • Baja potencia de los receptores
Maximum power	$P \leq 100 \text{ W}$		$683\text{W} \leq P < 910\text{W}$	$2 \text{ kW} \leq P$
Maximum Daily Energy Allocation	$E \leq 275 \text{ Wh}$	$E \leq 550 \text{ Wh}$	$E < 4 \text{ kWh}$	$E < 550 \text{ Wh}$

Tasas pagadas según ED:

- 50 Dh (4,5 €) para 275 Wh/día
- 100 Dh (9 €) para 500 Wh/día

Solución:

NOMBRE PROYECTO:		NOMBRE PROYECTO: FOMDERES - Fase I MGS			
Comunidad:					
No.		Emplazamiento: Y DEL QUINTO PISO		Municipio: San Lorenzo, Esmeraldas, Ecuador	
		Ocupación media: Permanente		Actividad: Residencias, pesca artesanal, cultivos	
Solución:		MGS			
		RESUMEN DE TARIFAS			
No.	USUARIO	TARIFA mensual			
		TD	EDA kWh/mes	EDA Wh/día	Límite potencia kW
1	Lorenzo Salazar				
2	Demetrio Oribe				
3	José Martín				
4	Vicente Menéndez				
5	Juan Echeverría	17	16,7	550	0,6
6	Andrés David Vergara Yanez	17	16,7	550	0,6
7	José Enrique Arellano Fuente	17	16,7	550	0,6
8	Wilson Domingo Ibarra Tubay	17	16,7	550	0,6
9	Jose Eduardo Salazar Felix	17	16,7	550	0,6
10	Santos Elías Vergara Ureta	17	16,7	550	0,6
11	Alberto Eduardo Alcivar	17	16,7	550	0,6
12	Clemente Gutierrez	17	16,7	550	0,6
13	Roxana Tarira Macias	17	16,7	550	0,6
14	Pedro Tarira Pita	17	16,7	550	0,6
15	COMUNAL Escuela	08	8,4	275	0,6
16	COMUNAL Centro de Salud	08	8,4	275	0,6
17	COMUNAL Comedor	08	8,4	275	0,6
18	COMUNAL Casa	50	50	1.650	1,1
19	COMUNAL Alumbrado cancha	17	16,7	550	0,6
20	1R08 Reserva 1	08	8,4	275	0,6
21	2R17 Reserva 2	17	16,7	550	0,6
22	2R18 Reserva 3	17	16,7	550	0,6
23	TOTAL	301	9.900	11,3	
		RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO			
	EDA	Energía a disposición EDA	9.900	Wh/día	ENERGÍA
	Fu	Factor de utilización Fu	61%		
	DD	Demanda de diseño DD	6.050	Wh/día	
	Pot r	Potencia nominal receptores	11,3	kW	POTENCIA
	Fs	Factor de simultaneidad Fs	32%		
	Pot n	Potencia nominal de servicio	3,6	kW	

Tecnología- FV



Tecnología-distribución



San Lorenzo, Ecuador (LA)

Cargas e interface de usuario



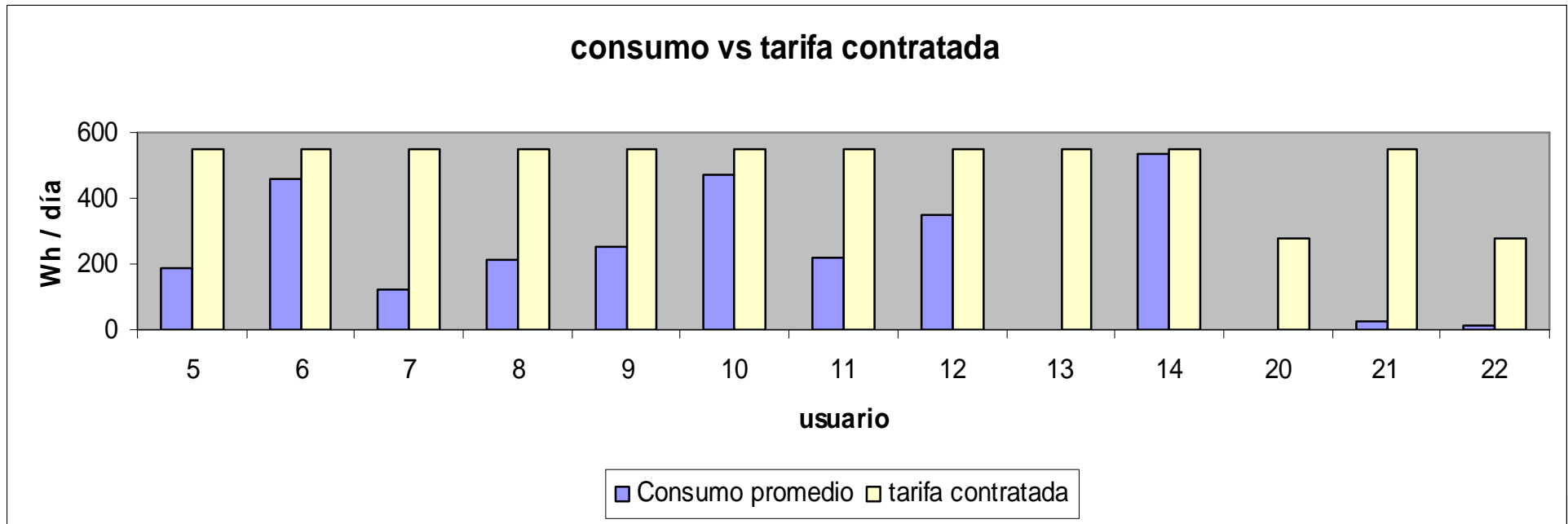
San Lorenzo, Ecuador (LA)

Ejemplo instalación individual



San Lorenzo, Ecuador (LA)

Primeros datos (hasta Octubre 2007)



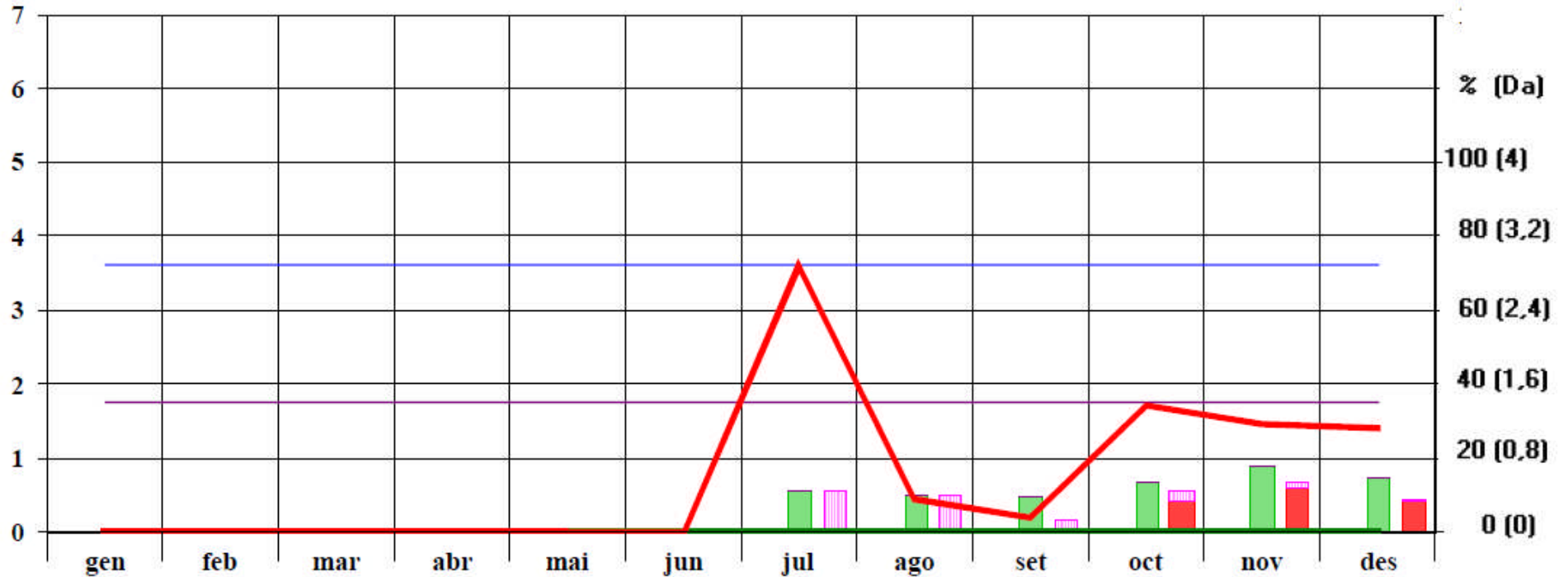


GIFA V4.0

Resum anual de funcionament

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Any	2006	Data recepció	09/06/2006	
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh/dia)	8800	Dd (Wh/dia)	5225	Hore:	3,6
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)		Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1

h/d

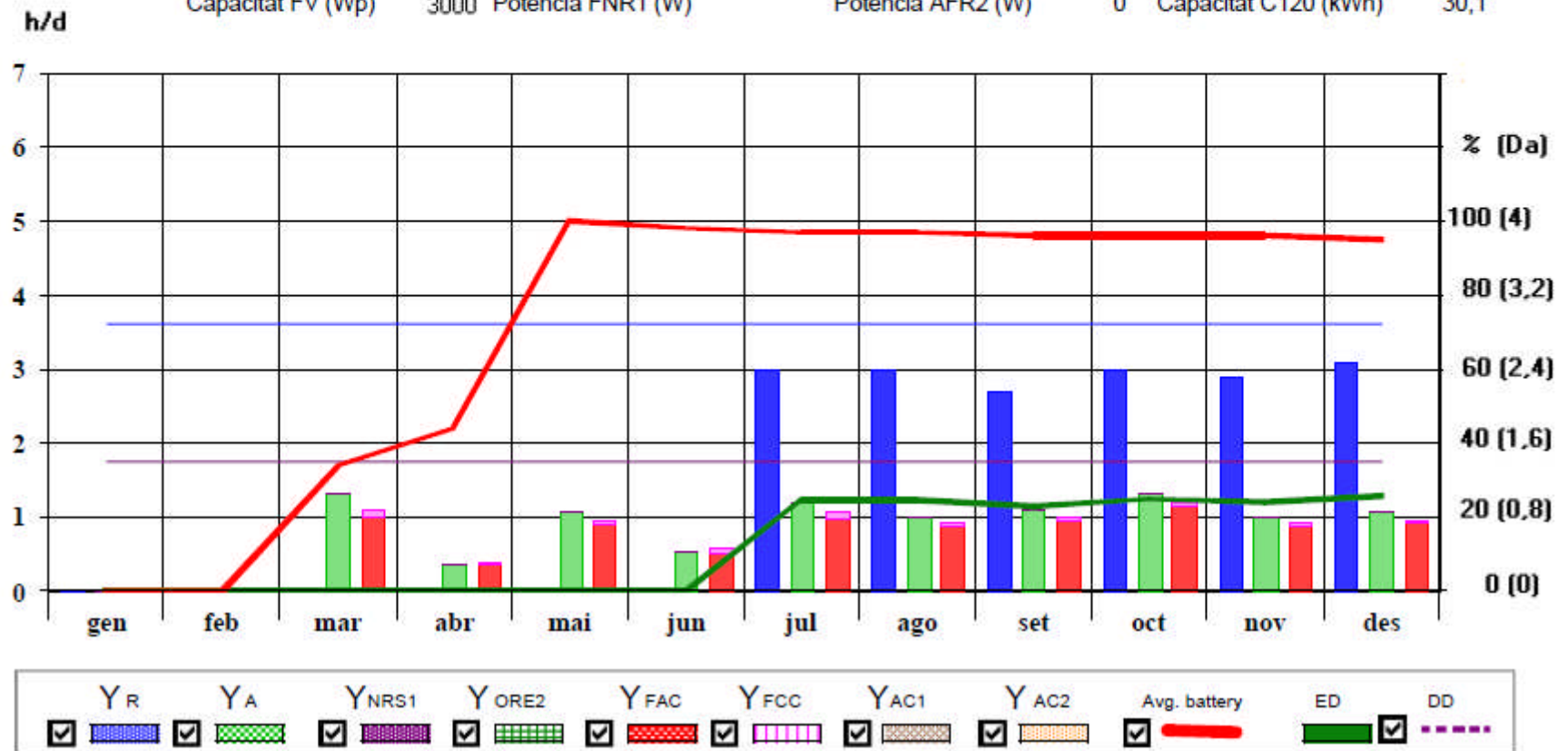




GIFA V4.0

Resum anual de funcionament

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Any	2007	Data recepció	09/06/2006	
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh/dia)	8800	Dd (Wh/dia)	5225	Hore:	3,6
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)		Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1

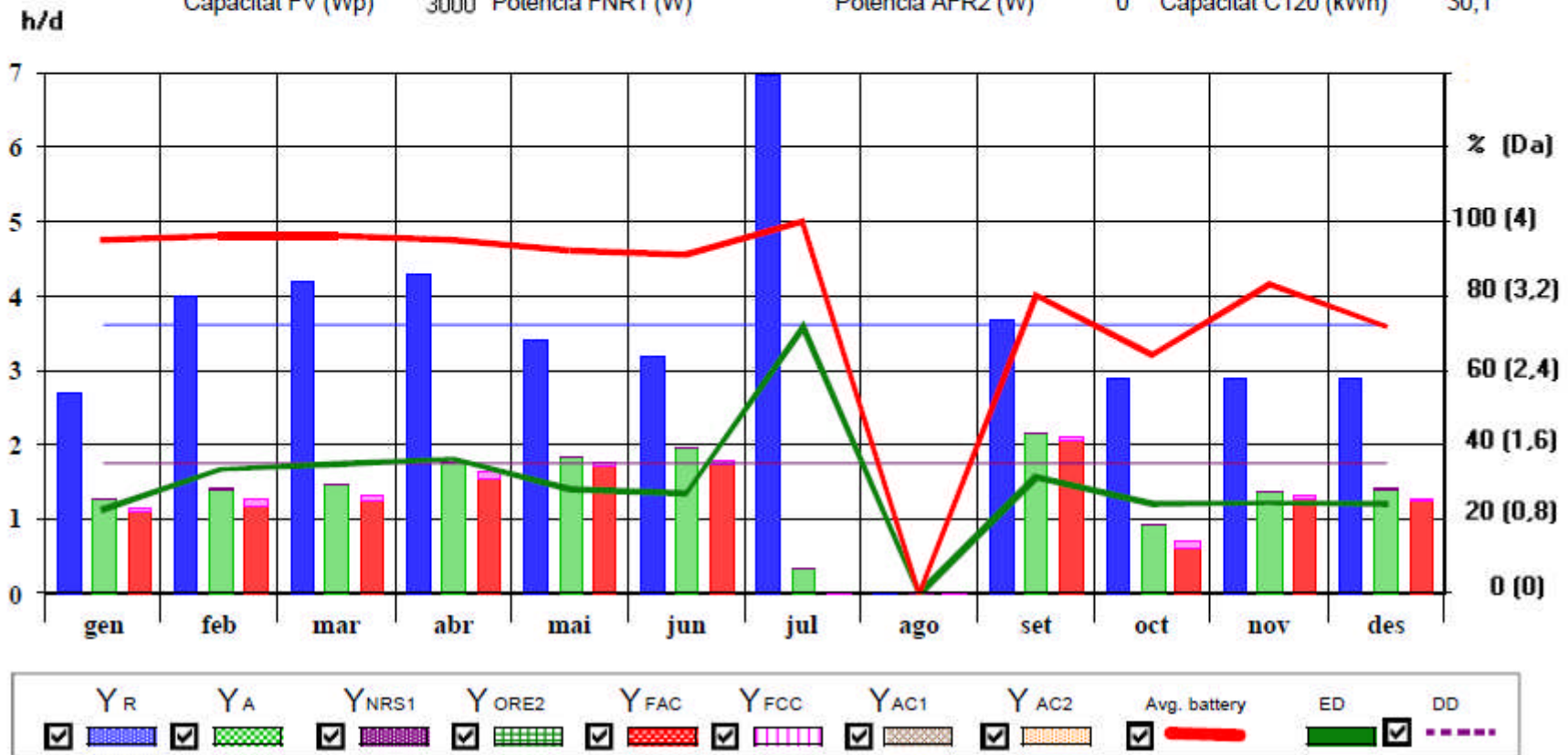




GIFA V4.0

Resum anual de funcionament

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Any	2008	Data recepció	09/06/2006	
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh/dia)	8800	Dd (Wh/dia)	5225	Hore:	3,6
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)		Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1

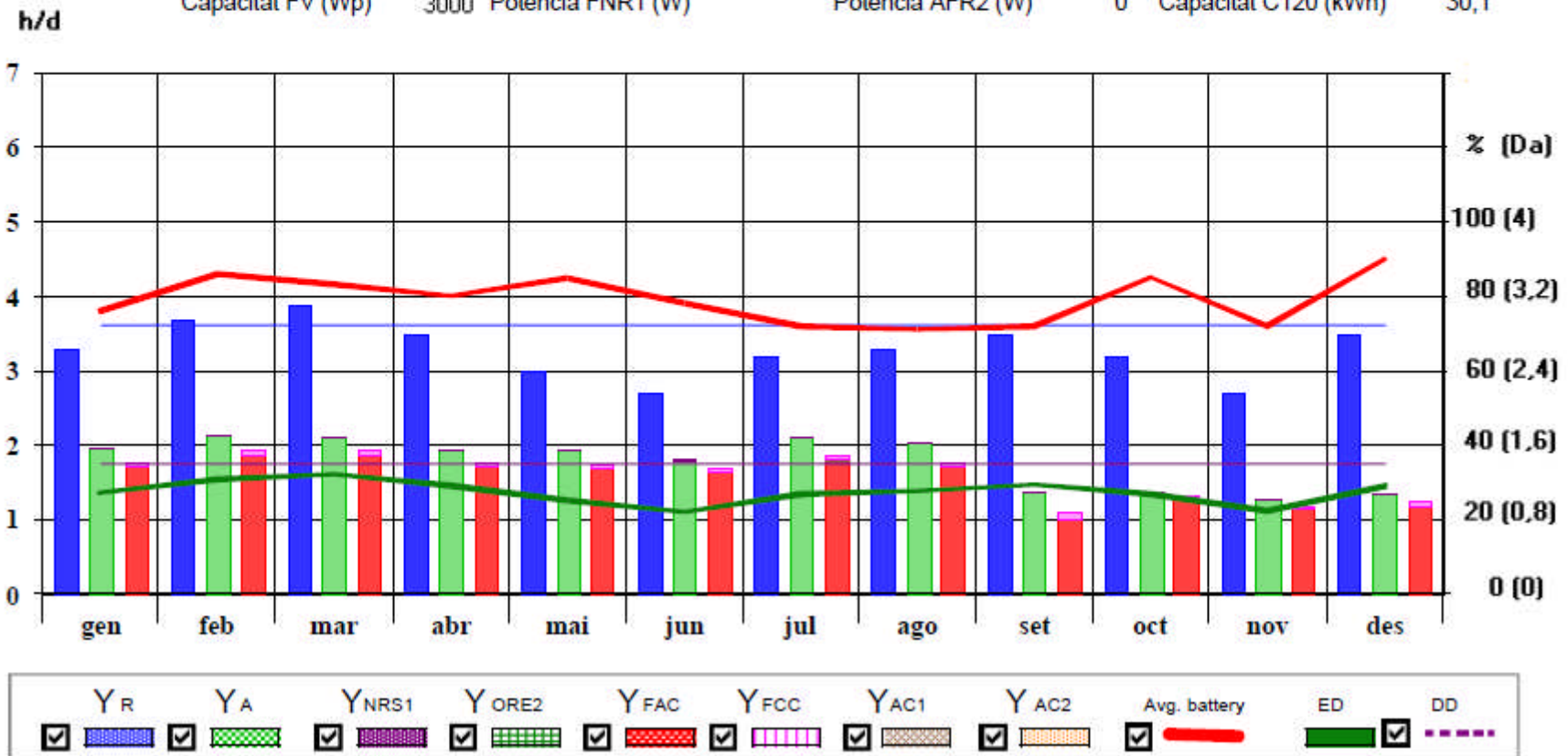




GIFA V4.0

Resum anual de funcionament

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Any	2009	Data recepció	09/06/2006	
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh/dia)	8800	Dd (Wh/dia)	5225	Hore:	3,6
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)		Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1

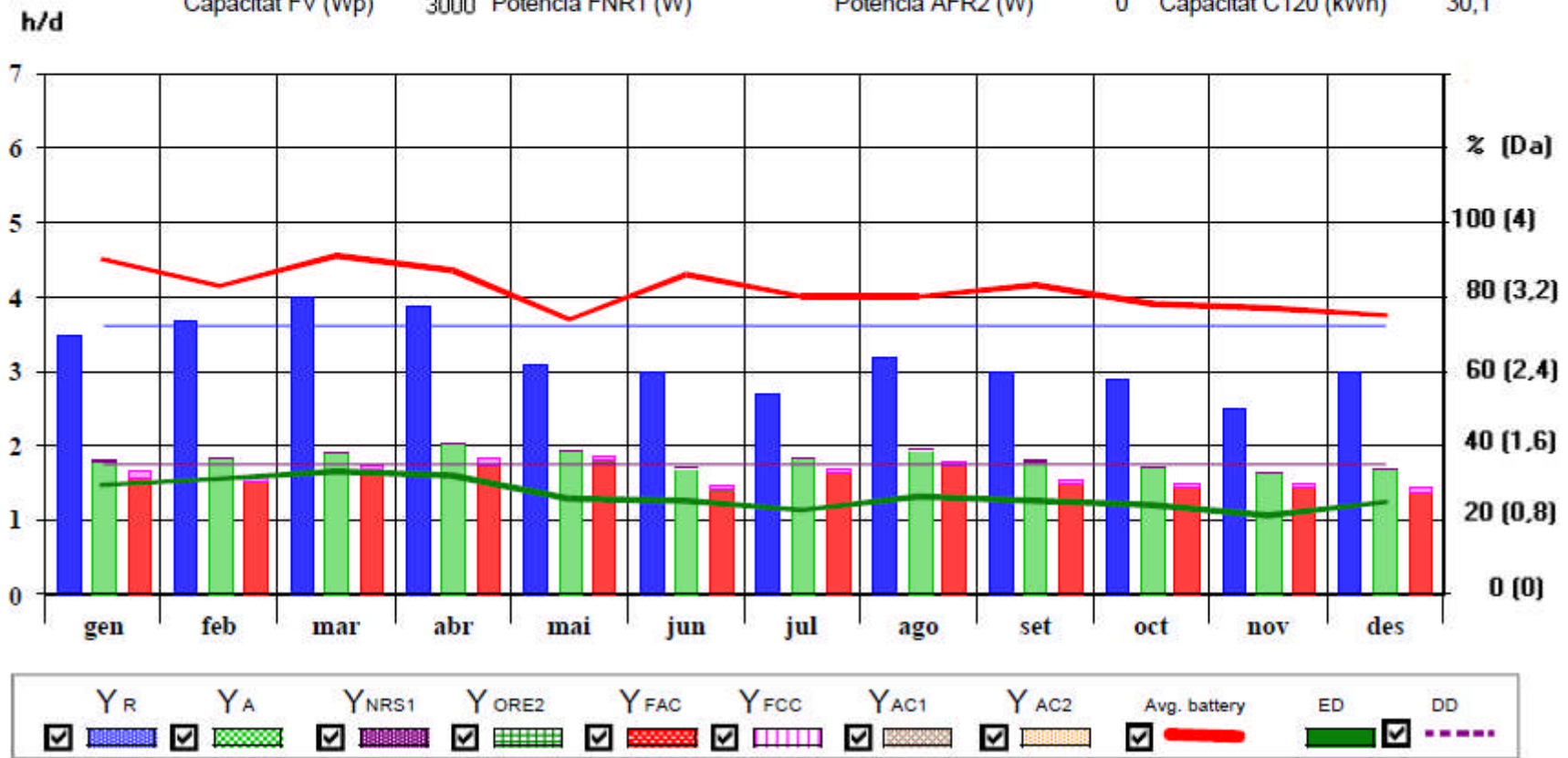




GIFA V4.0

Resum anual de funcionament

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Any	2010	Data recepció	09/06/2006	
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh/dia)	8800	Dd (Wh/dia)	5225	Hore:	3,6
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)	Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1	

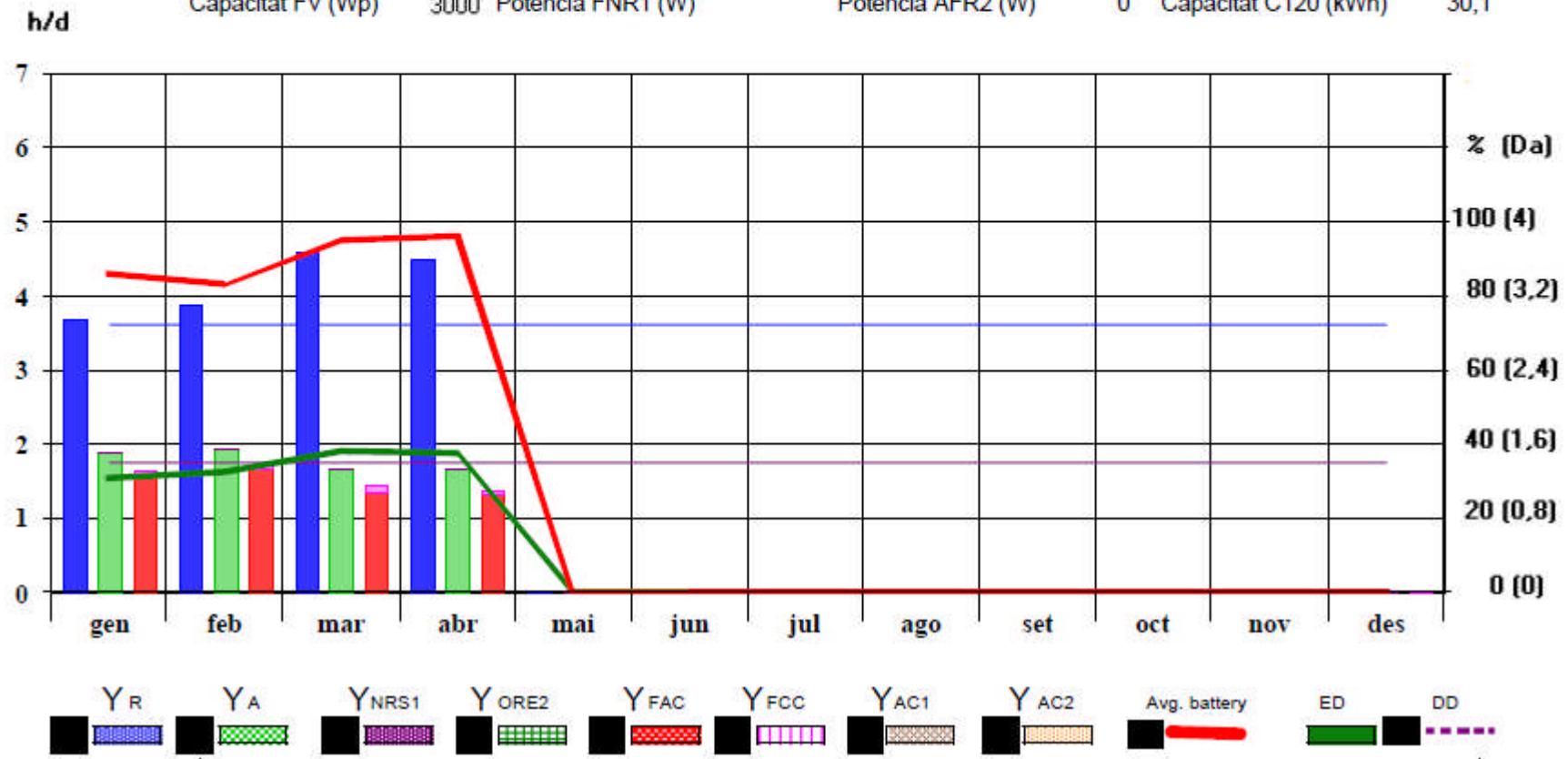




GIFA V4.0

Resum anual de funcionament

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Any	2011	Data recepció	09/06/2006	
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh/dia)	8800	Dd (Wh/dia)	5225	Hore:	3,6
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)		Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1



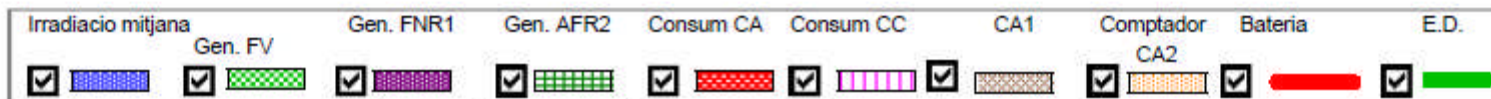
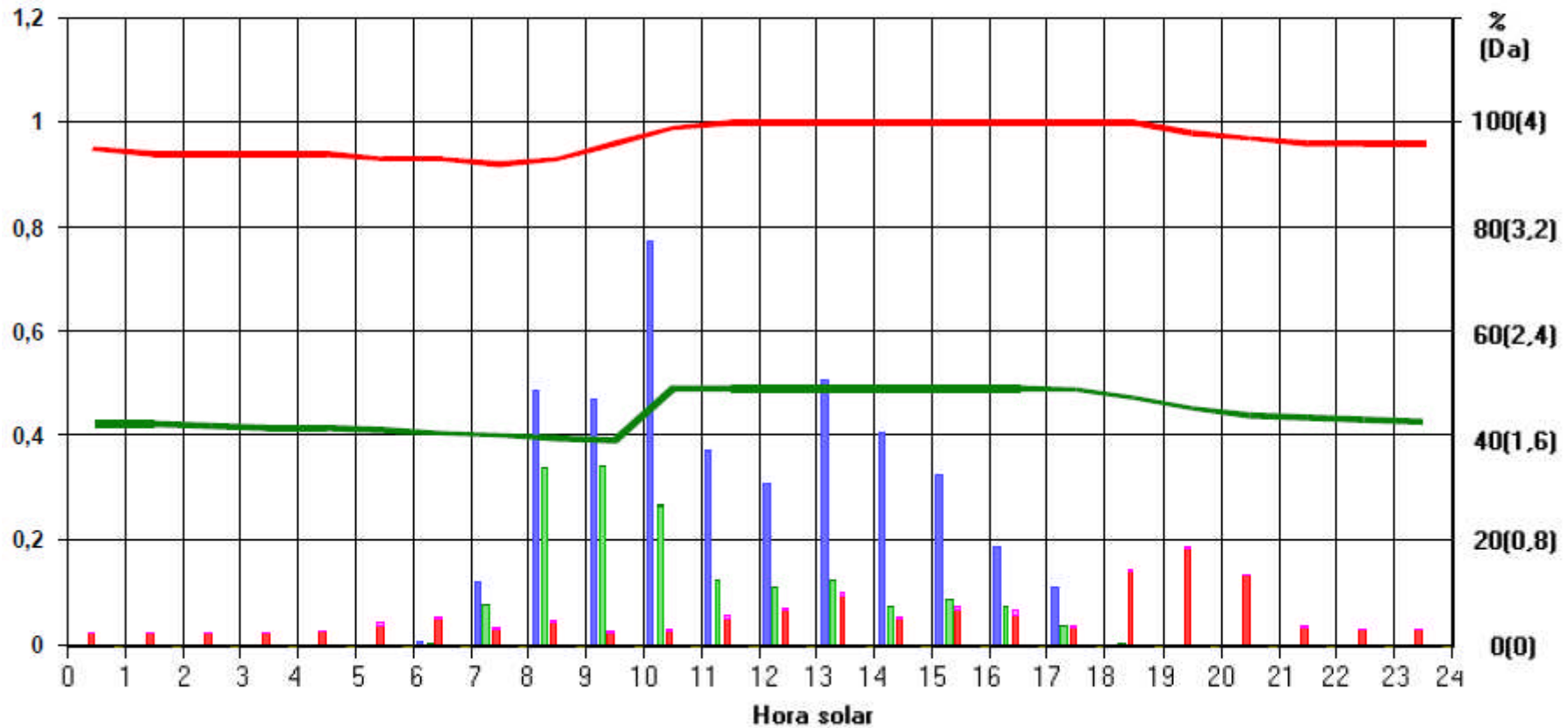


GIFA V4.0

Resum diari d'energia

Operador	Codi d'instal·lació	ECE0601	Data	31/03/2011	Data recepció	09/06/2006
Emplaçament	Ye del 5º piso	Suma d'EDA (Wh)	8800	Dd (Wh)	5225	Hore3,6 (12)
Capacitat FV (Wp)	3000	Potència FNR1 (W)	Potència AFR2 (W)	0	Capacitat C120 (kWh)	30,1

h/d



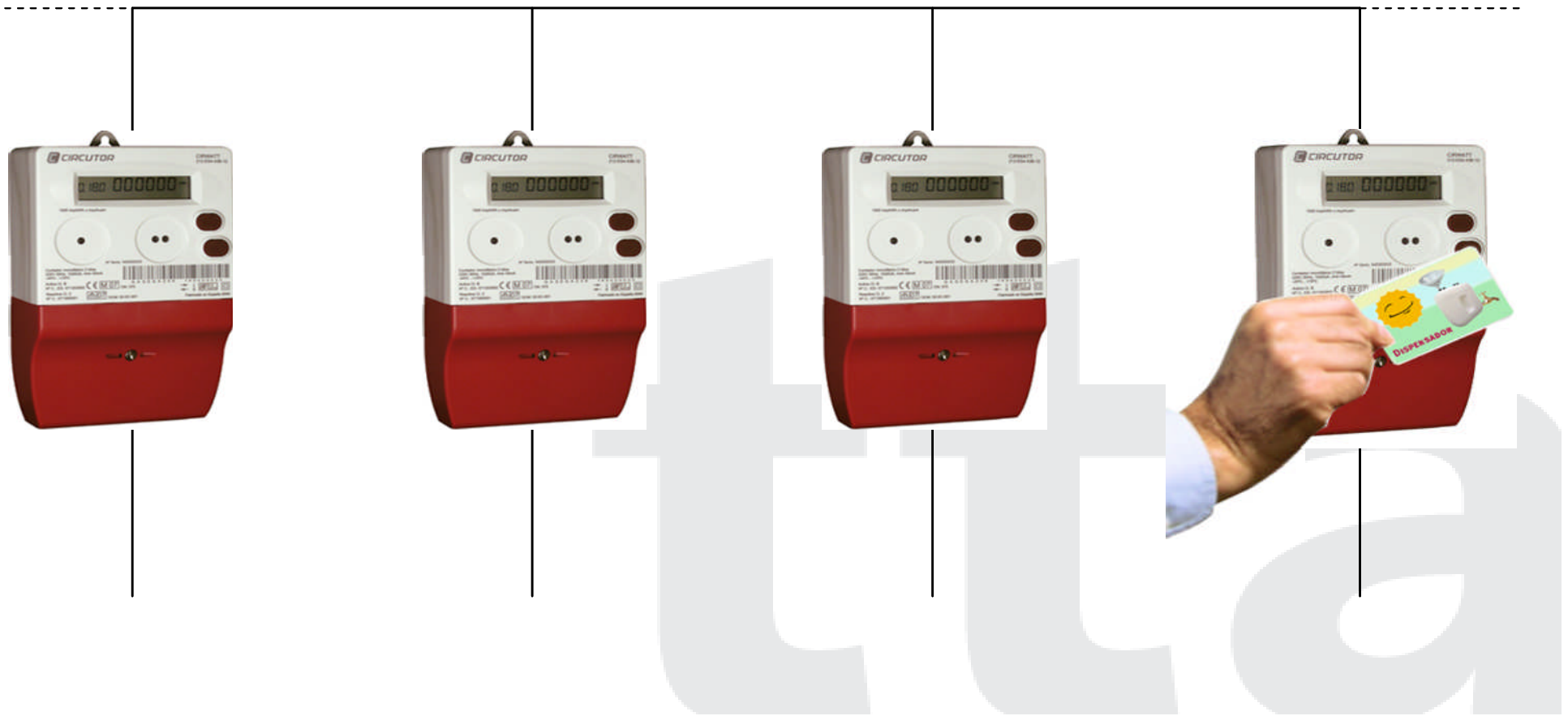


Desarrollos

ttta

Nueva generación de Dispensador eléctrico / contador (Intersolar)

- Limitación de la energía según Energía Disponible contratada con almacenamiento virtual.
- El usuario paga una tarifa fija mensual
- Flexibilidad para consumir en distintos dispensadores.



Dispensador – Integración en la MSG

Paneles Fotovoltaicos



Inversor y Gestor Baterías



Baterías



Dispensador



Dispensador



Dispensador



Dispensador

Dispensador - Novedades

Contador de energía monofásico con funciones de dispensador

- ✓ *Contador certificado (MID EN 50470-1 y EN 50470-3)*
- ✓ *Interruptor general de 15 a 40A*
- ✓ *Protocolo de comunicación modbus (anteriormente era de impulsos no normalizado).*
- ✓ *Cambio de Eprom a tarjeta RFIS para identificación del usuario.*
- ✓ *Incorporación de funcionalidad de fecha de caducidad para la gestión de pagos.*
- ✓ *Incorporación de un microrruptor en la caja que registra manipulaciones indebidas.*



Elemento clave para la gestión eficiente de micro-redes



Conclusiones

ttta

Lecciones aprendidas

- **Las micro-redes FV-híbridas son una opción aceptable a largo plazo y un mercado en expansión.**
- **Los subsidios públicos para la electrificación rural deben ser tecnológicamente neutrales.**
- **El consumo típico medio de energía es bajo pero muy apreciado para los usuarios.**
- **La gestión de la energía debe ir acompañada del uso de aparatos eficientes energéticamente.**
- **La tecnología cada vez es más segura y fiable pero,**
 - **La gestión de la demanda es un factor importante**
 - **Se debe tener cuidado con las cargas en stand-by que cada vez incorporan más aparatos**
- **La existencia de un operador del servicio aumenta la seguridad a largo plazo. Se recomienda el uso de tarifas fijas**
- **Interface para el usuario es crítica**

Presente y futuro

Corto plazo (0-2 años)

- **Pueblos no conectados a la red, donde la extensión de red es demasiado cara: micro-redes para usos básicos (salud, escuela, agua, etc)**
- **Pueblos con generadores diesel obsoletos debidos a los altos costes de mantenimiento: renovación de la red de distribución con FV, instalaciones eléctricas, etc**

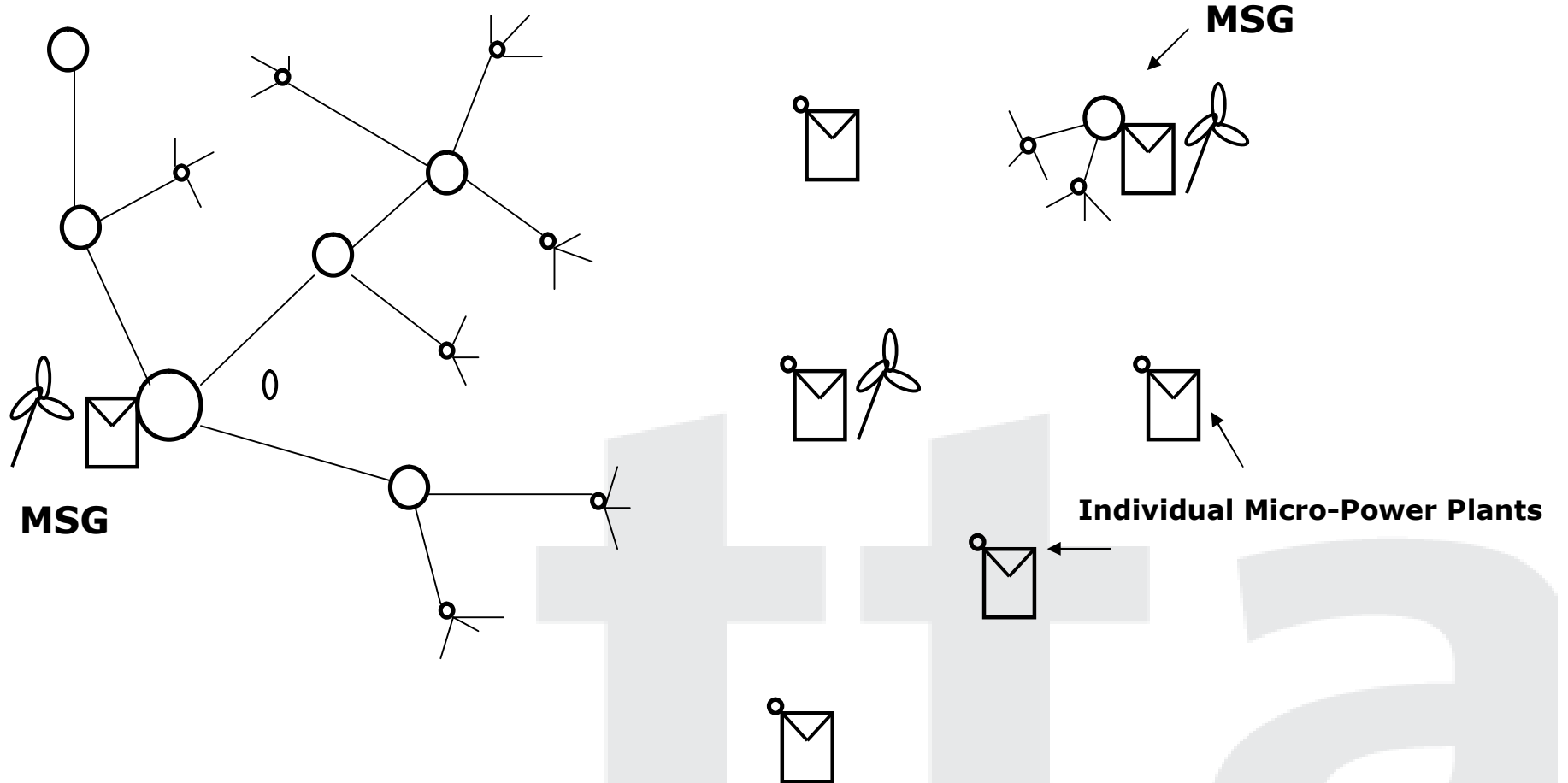
Medio plazo (5-6 años)

- **Pueblos no conectados a la red: extensión de la mini-red para usos productivos.**

Largo plazo (10 años y posterior)

- **Pueblos no conectados a la red: interconexión de varias micro-redes entre ellas y/o la red.**

Presente y futuro



Gracias



jordi.ribas@tta.com.es

