

# Promoció de sistemes micro-eòlics i solars per l'electrificació de comunitats de forma autònoma: anàlisis i desenvolupament d'eines de disseny i planificació per a diferents contextos i països

Perú, Bolívia i Nepal

**Laia Ferrer Martí, Bruno Domènech,  
Alberto Garcia Villoria, Anna Guilera, Rafael Pastor**

[laia.ferrer@upc.edu](mailto:laia.ferrer@upc.edu), [bruno.domenech@estudiant.upc.edu](mailto:bruno.domenech@estudiant.upc.edu)

Grup de Recerca en Enginyeria en Organització i Logística Industrial (EOLI)

Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà (GRECDH)

29 de Març de 2011

Amb el suport de:



Centre de Cooperació per  
al Desenvolupament. CCD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Ministerio de Ciencia e Innovación  
de España (en el proyecto  
ENE2010-15509) y FEDER

# Índex

1. Introducció
2. Objectius
3. Model d'optimització
4. Anàlisis multicriteri
5. Experiències
  1. Perú
  2. Bolívia
  3. Nepal
6. Conclusions



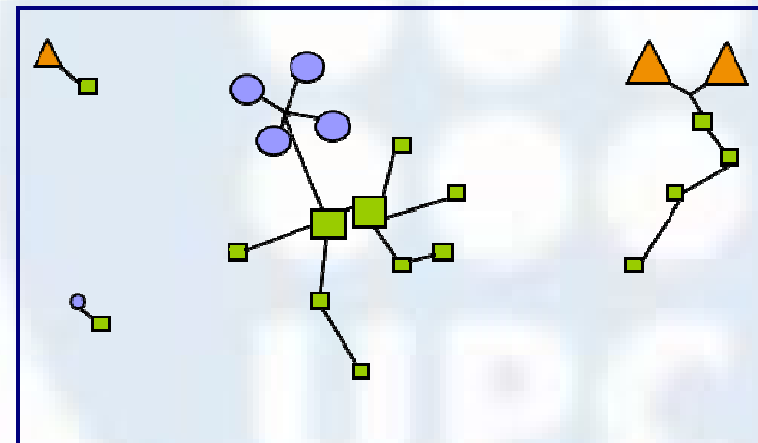
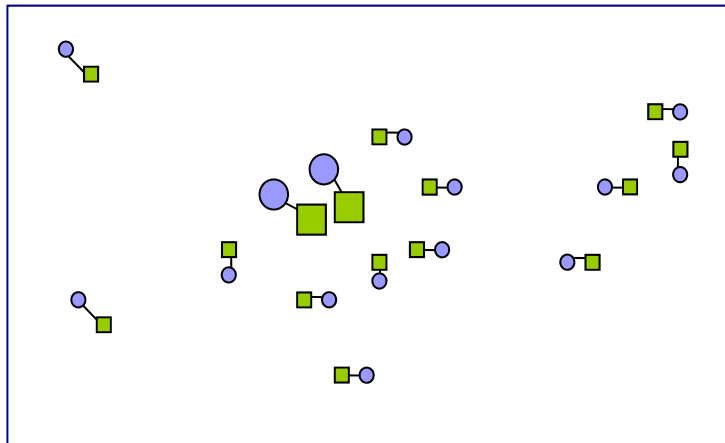
# Introducció

- Actualment, 1600 milions de persones no tenen accés a l'electricitat
  - Especialment en àrees rural
  - en països en desenvolupament
- Els sistemes d'electrificació amb energies renovables son una solució adequada per proveir d'electricitat a comunitats de forma autònoma.
  - Utilitzen recursos locals
  - Cost menor que estendre la xarxa principal del país
- Els sistemes híbrids (micro-eòlics i solars) son una de les opcions tècniques possibles



# Introducció

- Degut a la dispersió entre vivendes, la tendència és electrificar mitjançant sistemes individuals
- Com alternativa, es proposa combinar la utilització de microxarxes i sistemes individuals
  - No condiciona el consum d'un punt al recurs disponible
  - Pot estalviar costos per economies d'escala
  - Pot adaptar-se millor a increments de consum
  - Pot facilitar la seguretat / continuïtat de subministrament



# Objetius

- Desenvolupar un model d'optimització per dissenyar projectes d'electrificació rural amb energia eòlica i solar, que:
  - Decideixi a on i quins generadors (eòlics i solars) instal·lar i quin sistema de distribució utilitzar (individual o microxarxa)
  - Consideri la ubicació i demanda de cada punt de consum i el mapa de recursos energètics
  - Incorpori restriccions tècniques i de caràcter social:
    - Facilitar gestió dels sistemes
    - Millorar la seguretat/ continuïtat del subministrament energètic
- Desenvolupar eines multicriteri per a seleccionar la solució d'electrificació més adequada
  - Tenir en compte criteris econòmics, tècnics, socials i ambientals
- Adaptar les eines desenvolupades a diferents contextos i països

# Model d'optimització

## Entrades

**Punts de consum**  
localització, demanda i  
distància

**Components de la  
instal·lació**  
cost i característiques  
tècniques de generadors,  
bateries, inversors,  
reguladors i medidors

**Distribució elèctrica**  
cost i característiques  
tècniques dels conductors

## Model PLEM (Programació Lineal Entera i Mixta)

**Funció objectiu**  
minimitzar costos

**Restriccions tècniques**  
balanç d'energia i potència  
autonomia de les bateries  
caiguda de tensió  
relació de potència en els  
reguladors i inversors  
medidors

**Restriccions socials**  
compliment de les  
especificacions socials

## Sortides

**Resultat**  
cost minimitzat

**Valor de variables**  
nº, tipus i localització de  
generadors, bateries,  
inversors, medidors,  
reguladors i conductors

# Anàlisi multicriteri

- Per assegurar una solució més adequada per a la realitat de cada comunitat, es proposa estudiar variacions de:
  - Demanda (energia/potència/autonomia)
  - Restriccions per facilitar la gestió dels sistemes
    - Configuració i nombre de microxarxes
  - Restriccions per millorar la qualitat/continuïtat del subministrament
    - Tipus i nombre d'equips de generació
- **Decisió multicriteri:**
  - Definició de criteris
  - Assignació de pesos
  - Valoració de cada alternativa
  - Pre-selecció d'alternatives
- **Selecció de la millor alternativa**

<b>Criteris socials</b>	<b>Criteris tècnics</b>
Facilitat de gestió	Econòmic
Equitat	Quantitat subministrada
Econòmic	Continuïtat del recurs
Beneficis domiciliaris	Flexibilitat
Serveis comunitaris	Recanvis locals
Usos productius	Fabricació local
Impactes sobre els recursos locals	Seguretat

# Experiència a Perú (2007-2011)

## ■ Contraparts:



Ingeniería  
Sense Fronteras



Green  
Empowerment



### 1.- El Alumbre (2007)

- Eòlic Individual
- Desigualtats en la generació i consum

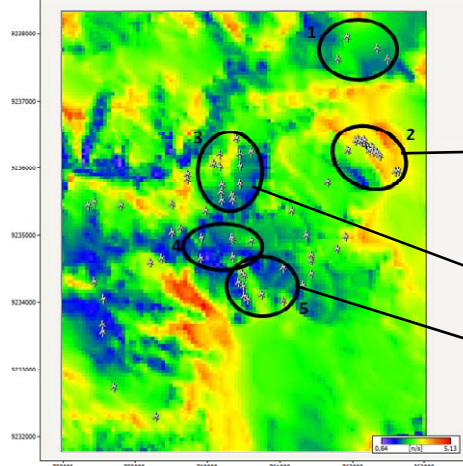
### 2.- Campo Alegre (2008)

- Híbrid Individual
- Sistemes sobredimensionats

### Desenvolupament d'eines de millora del disseny:

- Avaluació del recurs eòlic
- Optimització del disseny considerant microxarxes
- Variacions socials
  - facilitar la gestió
  - millorar la seguretat
- Seleccions multicriteri

### 3.- Alto Perú (2009-2010)



Mapa de vent de Alto Perú

#### Part Carretera (2009)

- Microxarxes eòliques
- Molt bon potencial
- Proximitat entre cases

#### Zona Norte/ Sur (2010)

- Solar individual
- Conflictes entre veïns
- Baix recurs eòlic



# Experiència a Bolívia (2010-2011)



## ■ Contraparts



## ■ Turco i Challapata (2009)

- Eòlic/solar individual

## ■ Per futurs projectes, l'ús de microxarxes permetria:

- Millorar la seguretat en front avaries sense incrementar el cost
- Evitar desigualtats socials sense riscos de robatoris i falta de manteniment

	Individual (actual)	Microxarxa (1 tipus d'aerog)		Microxarxa (4 tipus d'aerog)	
		Cost (\$)	Diferència	Cost (\$)	Diferència
Turco	19423	17862	-8,0%	16862	-13,2%
Challapata	14447	13886	-3,9%	13886	-3,9%

# Experiència a Nepal (2010-2011)

## ■ Contraparts



- Dhauwadi (en projecte):
  - 48 vivendes, 1 microxarxa

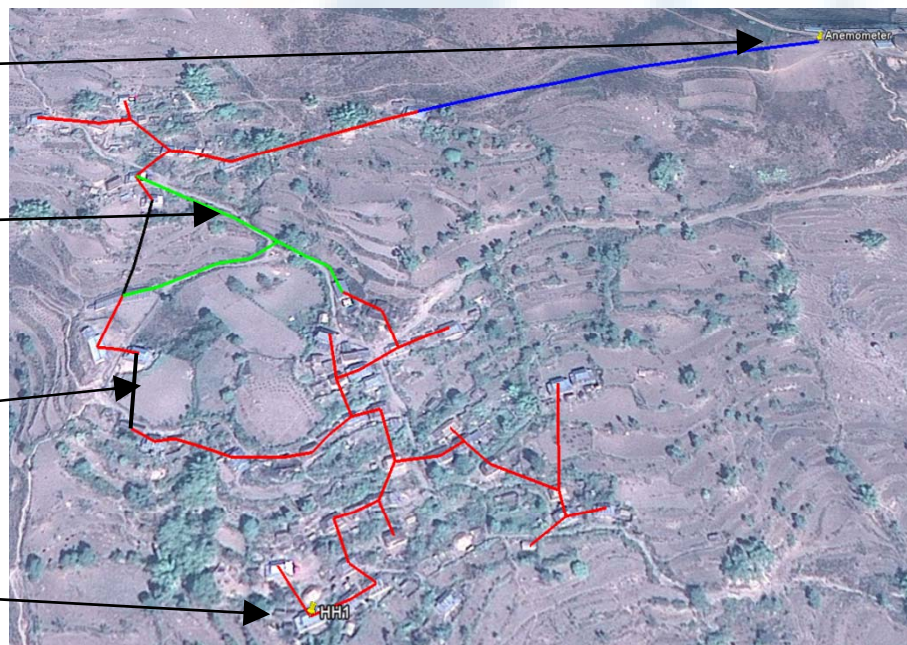


microxarxa  
eòlica

microxarxa  
més fàcil  
construcció

microxarxa  
minima  
longitud

microxarxa  
solar



# Conclusions

- S'ha avançat en el desenvolupament d'eines de disseny i presa de decisions multicriteri aplicables a projectes d'electrificació rural en països en desenvolupament, adaptades a diferents contextos i països.
- S'ha fet difusió d'aquests avenços i resultats per contribuir a la superació de barreres que frenen el desenvolupament energètic rural en països en desenvolupament
  - Revistes científiques: JCR i altres revistes especialitzades
  - Congressos nacionals, internacionals, en els països de les contraparts
  - Manuals i contribucions a llibres
- En el 2011 i en els pròxims anys es preveu consolidar el desenvolupament i aplicació de les eines amb les contraparts i els països on ja s'està treballant (Perú, Bolívia, Nepal) al mateix temps que s'identifiquen noves zones de treball i noves contraparts.

# Moltes gràcies per la seva atenció

Promoció de sistemes micro-eòlics i solars per l'electrificació de comunitats de forma autònoma: anàlisis i desenvolupament d'eines de disseny i planificació per a diferents contextos i països

**Laia Ferrer Martí, Bruno Domènech,  
Alberto Garcia Villoria, Anna Guilera, Rafael Pastor**

[laia.ferrer@upc.edu](mailto:laia.ferrer@upc.edu), [bruno.domenech@estudiant.upc.edu](mailto:bruno.domenech@estudiant.upc.edu)

Grup de Recerca en Enginyeria en Organització i Logística Industrial (EOLI)

Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà (GRECDH)

29 de Març de 2011

Amb el suport de:



Centre de Cooperació per  
al Desenvolupament. CCD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Ministerio de Ciencia e Innovación  
de España (en el proyecto  
ENE2010-15509) i FEDER

# Energy Access for the Poor in sub-Saharan Africa to meet the Millennium Development Goals ENERGY FOR ALL 2030

Per a més informació, sisplau visiteu:  
<http://grecdh.upc.edu/projectes/altres/e4a-2030>

Finançat per:



Centre de Cooperació per  
al Desenvolupament. CCD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Centre de Cooperació per al  
Desenvolupament – UPC. Projecte S-001/10**



External Actions of the European  
Community – Contract: DCI-  
NSAD/2009/201-885

Amb el suport de:



Institut Universitari de Recerca en Ciència i  
Tecnologies de la Sostenibilitat - IS.UPC