

FACTIBILIDAD DE PEQUEÑAS MICROCENTRALES  
HIDROELECTRICAS (PMCH) MEDIANTE SISTEMAS  
DE RIEGO.

A.D. TOGNETTI  
R.J. FEBRES

J.E. LABRADOR  
J.M. ALLER U.S.B.

C A D A F E

RESUMEN

El Tipo de Topografía del Estado Trujillo en el medio rural dificulta la programación de electrificaciones por lo oneroso de las inversiones. Es por ello que tomando como punto de partida los Sistemas de Riego implementados por Corpoandes en los Valles Altos nace la inquietud de estudiar la factibilidad de instalar pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas (PMCH) en esos Sistemas de Riego, que de llevarse a cabo constituirán una de las fuentes de energía no convencional y renovable más fácilmente accesibles, considerando que incorporan tecnologías probadas que en muchos casos requieren solo de adaptaciones para reducir las inversiones.

INTRODUCCION

La desigual conformación de la geografía andina, determina una especial topografía y distribución hidrográfica en sitios y regiones propias para el desarrollo agrícola, y es causante obligado de la dispersión poblacional de la misma. Ello dificulta notablemente la aplicación de planes y programas para el beneficio y modernización de los Sistemas de Riego y en especial la electrificación, por lo oneroso que resultan los mismos en la práctica.

La Corporación de los Andes ha adelantado y cumplido, sobre todo en los Valles Altos, una programación de riego aprovechando el sistema hidrográfico por declive y logrando integrar grupos familiares dispersos y sus parcelas, en comunidades de ayuda mutua.

Con el proyecto que presentamos a consideración y el cual creemos factible de realizar, por su relativa facilidad de instalación, al aprovechar esos sistemas ya citados de riego cercanos a las viviendas, esperamos aportar algo positivo en la solución de algunas ideas y criterios de diseños en la instalación de microcentrales ....

hidroeléctricas (PMCH) en dichos sistemas y no utilizar las formas convencionales -- como son las redes de alta tensión y baja tensión en la distribución de la energía eléctrica a los suscritores. Por otra parte, se analizan y comparan los costos de inversión de las dos alternativas dado la topografía, la hidrografía y otras condiciones naturales de los ríos, diferentes en cada caso, que originan que los diseños típicos, sólo puedan aplicarse dentro de ciertos límites y otras particularidades que puedan considerarse similares a los ya diseñados.

Se determinarían cambios en la estructura tradicional al trabajarse en equipo y no en forma individualista, pues al fomentar y unir en pequeñas comunidades la población dispersa é integrarlos mediante esos sistemas de riego y electrificación, -- aparte de contribuir poderosamente a su progreso económico y ayuda social, despertáramos y crearíamos conciencia conservacionista para ese benefactor bondadoso, el -- agua, asimilando al hombre a un plano de adelanto que él mismo reclama dentro de esa Zona de aislamiento forzado.

Tiene además, la gran importancia de aunar esfuerzos, presupuesto y finalidades de cooperación é inter-relación Cadafe-Corpoandes, estableciendo un binomio en la recuperación de los recursos naturales, purificación ambiental y beneficio económico-social de las áreas andinas, en especial las del Estado Trujillo, el cual sería marco piloto del plan posible a cumplir. Es tiempo de reflexión y de recordar que -- todos podemos colaborar en la restauración de la tierra hasta ayer granero por su -- fertilidad, y hoy, azotada por la inconsciente destrucción indiscriminada que la amenaza en contruirla desierto.

OBJETIVOS

- 1) Inventario de los Caseríos más importante del Estado Trujillo con solicitudes de Servicio de Energía Eléctrica.
- 2) Señalamiento de Alternativas y Enumeración de los Caseríos sin Servicio Eléctrico dentro de ellas.
- 3) Planteamiento y Analisis de la Alternativa de Factibilidad de Pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas mediante Sistemas de Riego en Caseríos de Distribución muy dispersa.

*Densidad lineal de distribución de viviendas =*

IV. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA ELECTRIFICACION RURAL

- Problemática de Las Eléctricaciones Ejecutadas en Las Zonas Altas de Los Andes.

La Electrificación de los Caseríos y Campos Agrícolas de las Zonas Altas de Los Andes se ha desarrollado a partir del año 1975 con los Planes de Electrificación Rural mediante alternativas tradicionales de Redes y Líneas Aéreas, habiéndose -- dejado a un lado la experiencia adquirida en los Andes en aprovechamientos Hidroeléctricos a mediana escala. Aún quedan muchos caseríos sin electrificar con elevada producción agrícola pero con una distribución de viviendas y una población humana muy -- dispersa, en los cuales las alternativas de electrificación antes señaladas resultan demasiado costosas, por lo que se hace necesario el estudio y valuación de otras alternativas adaptadas a cada caso en particular.

En la evaluación de la problemática de las eléctricaciones en las -- Zonas Altas de los Andes deben considerarse los siguientes factores:

- 1.- Inversión Inicial
- 2.- Mantenimiento
- 3.- Recuperación de la Inversión Inicial y Cobro de la Energía

A continuación se presenta un Cuadro Muestral representativo de las obras de Eléctricación Rural en los últimos tres (3) años a fin de determinar el costo -- por vivienda según la densidad de distribución lineal de dichas viviendas (fc), en -- vista que el problema fundamental de la Electrificación Rural en las Zonas Altas de los Andes es la pronunciada dispersión de las viviendas.

Para valores de Fc = (no. viviendas / Long. Km. distribución viviendas) -- menores a 25 el caserío se considera de distribución dispersa.

Analizando la curva Costo (Bs.) vs. Densidad Lineal de Distribución de viviendas (fc) puede afirmarse que:

- Si el caserío es muy disperso  $Fc = \frac{\text{No. viviendas muy pequeño}}{\text{Longitud distribución muy grande}}$  entonces costo (Bs/viviendas) --- muy grande
- Si el caserío es concentrado  $Fc = \frac{\text{No. viviendas muy grandes}}{\text{Longitud distribución muy pequeño}}$  entonces costo (Bs/viviendas) --- muy pequeño

*También se aplica a los otros servicios Agua, Abogacía, VPH, etc.*

- Si se extrapolan los valores reales en la gráfica se obtiene una curva de la forma de una hipérbola equilátera.

$$\text{Costo (Bs/vivienda)} = C(Fc) = \frac{K1}{Fc} + \text{Costo Mínimo}$$

De la cual puede concluirse que el costo de redes en función de la distribución lineal de las viviendas es demasiado elevado cuando los caseríos son muy dispersos puesto que la relación es inversamente proporcional.

Respecto al mantenimiento el problema se centra fundamentalmente en la topografía montañosa y el difícil acceso, debido a que el mayor índice de fallas se presenta en las épocas de lluvia por árboles caídos sobre líneas por el elevado costo que representaría mantener picas de un ancho de franja tal que garantizara la no-ocurrencia de este tipo de anomalía. Por otra parte el difícil acceso a la mayoría de los caseríos por el mal estado de las vías rurales generalmente no asfaltadas, -- dificulta el mantenimiento previsto y retarda considerablemente el correctivo, ocasionando una prestación de servicio con calidad por debajo de lo esperado.

En lo referente a la recuperación del Capital invertido en dichas obras dicho Capital es prácticamente irre recuperable, mientras que los montos recaudados por cobro de energía son insuficientes para el pago de sueldos y gastos del personal de cobranzas, inspección y mantenimiento, pero si se consideran este tipo de inversiones en el ámbito nacional, la recuperación se obtiene a otros niveles sólo evaluable con parámetros socioeconómicos puesto que se fomenta el desarrollo agrícola y se disminuye la migración del Campesino a la Ciudad, con una consecuente disminución de los problemas de servicios de las Areas Marginales de las Grandes Ciudades.

*se porque los  
tanto son  
subsidios por debajo  
del como posible  
o como van a ser por  
la migración*

Nº	DESCRIPCION	TIPO ZONA	DISTRIB. VIVIEND.	INICIO OBRAS	TIEMPO OBRAS	KM LINEA ca. con.	KM REDES ca. con.	KVA INST.	Nº VIVIEN.	FC	POSTES B/A
01	LA CUCHILLA-TOROCOCO DITO. CARACHE	M	D	2/10/82	1/2	1	2.5	25	9	3.6	15/7
02	EL MANTECO-VIA DURI DITO. URDANETA	M	D	10/12 81	1	2.59	3.29	40	28	8.51	53/19
03	SECTOR LOS PAJONES DITO. TRUJILLO	P	S/D	30/11 81	1	2.94	2.41	20	30	12.94	18/36
04	EL HATILLO, LA CUCHILLA, LOS ALTICOS, EL TAMBORON Y REMO DELACION SABANETAS	S/M	S/D	8/3/82	9	13.96	13.49	235	290	17.79	243/90
05	VEGA DE CHACHIQUÉ, EL GUAYLA BAL Y MESA DE CONTRERAS	M	D	19/3/81	1/2	7.35	8.46	360	180	21.27	130/88
06	RANCHO GRANDE DITO. TRUJILLO	M	D	31/8/82	1/4	0.693	0.610	25	18	29.5	10/7
07	VIVIENDAS RURALES EL PRADO MONTE CARMELO	P	C	16/11 82	4.1/4	0.395	0.395	40	50	126.58	5/12
08	VIVIENDAS RURALES DE MUCUCHE PANPAN DITO. TRUJILLO	P	C	7/12/81	3/4	0.464	2.271	120	102	44.91	35/5
09	BARRIO UNION-VALERA DITO. VALERA	P	C	25/8/82	1/4	0.300	0.234	25	35	149.57	6/4
10	VIVIENDAS RURALES DE MITICUM BCCNO DITO. BOCONO	P	C	2/12/81	1.1/2	0.552	1.556	165	147	94.47	35/10

		M	S/C	81/8/82	1/4 mes	0.62	0.785	35	32	40.76	18/10
11	LLANO GRANDE DTTO. TRUJILLO										
12	CAÑO DE AGUA-LA FLORIDA DTTO. RAFAEL RANGEL	P	S/C	19/3/81	3 mes	30	2.09	45	52	25.49	25/24
13	LOS CUMBITOS DE ARAGUANAY DTTO. RAFAEL RANGEL	P	S/C	19/6/81	2 mes	10	1.53	30	25	16.43	24/12
14	LA CEIBITA DTTO. RAFAEL RANGEL	P	C	19/8/81	3.1/2 mes	4.1 3g	0.560	30	25	44.64	12/30

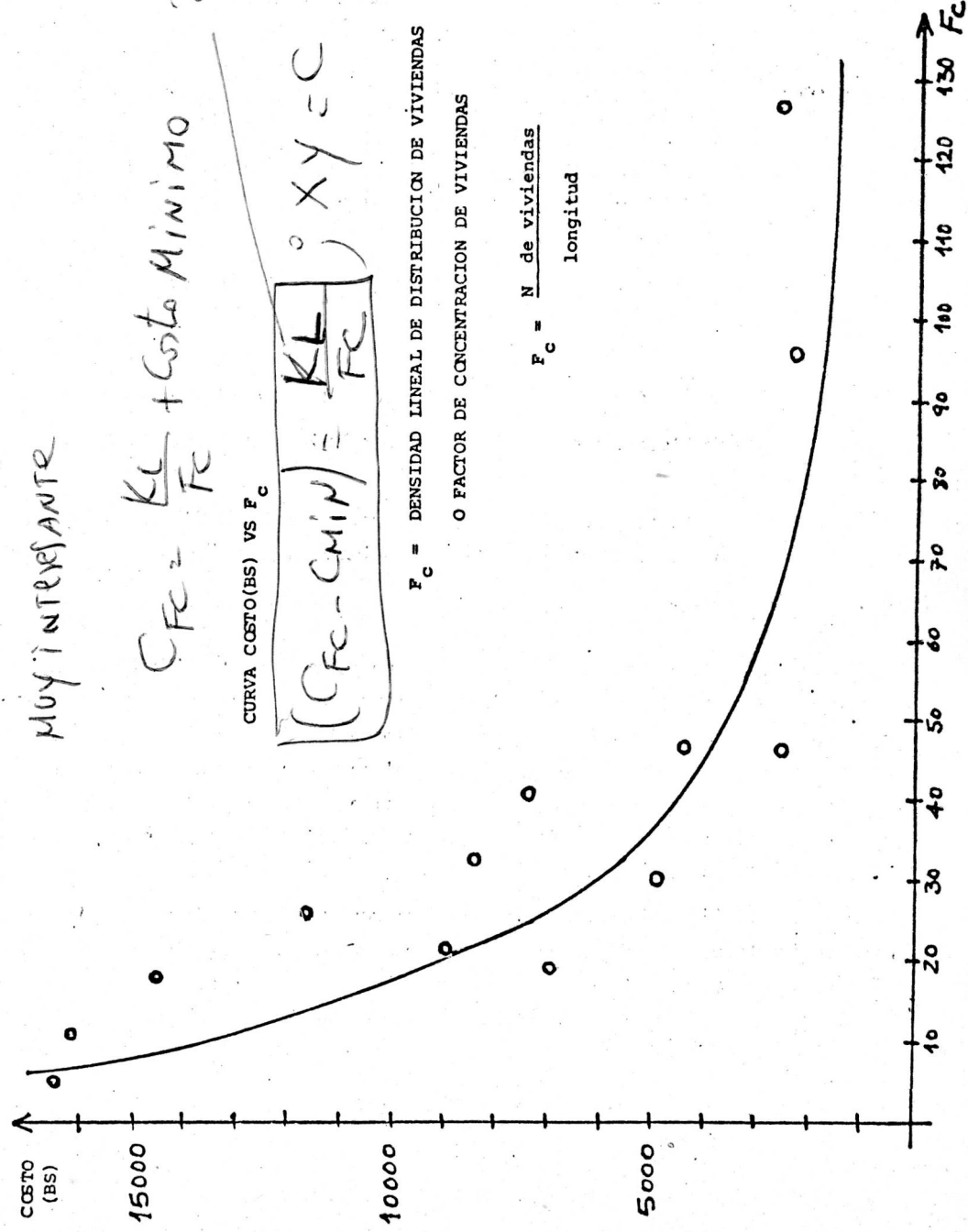
ZONA.-

DIST. VIV:

M = Topografía MONTAÑA  
P = Topografía PLANA  
S/M = Topografía SEMIMONTAÑA

D = DISPERSA  
S/D = SEMIDISPERSA  
C = CONCENTRADA  
S/C = SEMICONCENTRADA

FC = FACTOR DE DENSIDAD  
O CONCENTRACION



INVENTARIO DE LOS CASERIO DEL ESTADO TRUJILLO SIN SERVICIO  
DE ENERGIA ELECTRICA

Metodología

Para obtener la información relacionada con el Inventario de aquellos Caseríos que carecen de energía eléctrica en la actualidad, se utilizó el siguiente procedimiento:

- 1.- Solicitudes de Servicio de dichos caseríos ante las Oficinas de CADAPE en - las poblaciones del Estado Trujillo, Depto. de Planificación Zona Trujillo y Depto. - de Obras Occidente de la Gerencia de Electrificación CADAPE - CARACAS.
- 2.- Inspección en sitio a los Caseríos con Solicitudes de Servicio
- 3.- Proyecto de Electrificación ejecutados por la Zona Trujillo y/o Gerencia de Electrificación.
- 4.- Inventario realizado por MARNR en el estudio denominado "Viabilidad de Las-Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en la Región Andina Abril 1983".

Análisis de la Información

Del Inventario realizado puede observarse que para la electrificación de todos los Caseríos se requieren Bs. 83.942.147,20 en valor presente, lo cual representa un monto altamente significativo, cuya ejecución sólo se logrará aproximadamente en un período de cinco (5) años, según el promedio anual de inversiones en electrificación rural desarrollado hasta ahora para el Edo. Trujillo (16.000.000. Bs.) con líneas y redes convencionales; el cual podría disminuirse considerablemente si se tratan de estudiar y ejecutar alternativas menos costosas.

La casi totalidad de los caseríos están enmarcados en zonas de topografía montañosa muy accidentada, con acceso muy difícil y con una densidad de distribución - - - lineal (Fc) muy baja (por debajo de 25) lo cual indica que los caseríos tienen una - - - distribución de viviendas muy dispersa, siendo éstos los factores preponderantes de - - - encarecimiento de dichas obras, con costos por vivienda en su mayoría por encima de - - - los 15.000 Bs.

Los caseríos se encuentran agrupados por bloques tal como se señala en los diagramas unifilares indicados en el plano del Edo. Trujillo, en los cuales se hace necesario electrificar con una línea común varios caseríos; habiéndose señalado los costos de tal forma que la cantidad de línea para alimentar un caserío depende de la - - - electrificación del caserío previo, pero salvo algunos casos en la generalidad de los

caseríos no se presentan líneas de longitud mayor a los 20 Kilómetros.

A nivel de algunos organismos del Estado como son El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, C.A.D.A.F.E y CORPOANDES, se nota una gran preocupación por rescatar alternativas no tradicionales de Electrificación, para lo cual han emprendido estudios al respecto con inventarios de poblaciones y caseríos - sin electrificación. Dichos estudios sólo han tomado en cuenta poblados con un número de habitantes de 300 a 1.000 según datos de censo de población y viviendas, y han sido orientados a las alternativas de aprovechamiento Hidroeléctrico a mediana escala mediante el uso de Minicentrales Hidroeléctricas, lo cual podría resultar conveniente en aquellas casos donde el punto de alimentación mediante líneas esté muy retirado ; pero dejaría de ser conveniente cuando el costo de la obra está representado en buen porcentaje en las Redes.

INVENTARIO DE LOS CASERIOS SIN ENERGIA ELECTRICA DEL ESTADO  
TRUJILLO

NOMBRE DEL CASERIO	Nº DE VIVIENDAS	COSTO POR VIVIENDA
Cabimbú, Piedra Gorda y Puerta del Páramo	84	22.693,40
Loma Pancha y El Panchal (loma San Miguel)	75	21.333,33
La Cava, Altamira, Jacob y Tierra de Sosa	136	26.471,00
El Alto de San Antonio	24	15.059,15
Las leonas y el Alto de las Leonas	20	19.514,80
Altamira	46	10.803,85
Tomón	59	18.001,10
La Aguada	20	7.215,15
Piedra de Sal, La Mesa, El Potrero, Tamatuz	110	18.364,00
La Mesa de Guaitó y La Cuchilla de Campo Elías	65	20.769,00
Guaramacal, Agua Linda y La Cuchilla	150	33.067,00
Vega Arriba, Vega Abajo y El Chamizal	120	6.250,00
El Barzal, Pereira y miscuche El Maciegal	250	4.400,00
Chejendé, La Ovejera, Loma Pedregosa, Los Cumbitos	95	23.158,00
Cuzondá	12	63.873,65
Los Llanitos	21	20.624,00
Metén	27	32.753,95
Las Panchas	19	32.390,25

Sosó	22	26.042,50
La Manga	35	30558,55
Esdorá	62	27.100,65
Estiguete	32	24625,50
El Chorro	26	25.153,85
La Pedregosa	25	31.292,00
Loma Gorda	20	23.975,00
La Mitimbuén	36	26.025,00
Alto de la Pedregosa	23	22.360,85
Quebrada de Ramos	10	47.380,00
Loma de las Animas	26	20.553,85
El Corozo	22	22.177,30
La Travesía	12	22.716,70
El Cumbe	18	25.555,50
Las Mesas	12	34.916,60
Las Cancas	10	22.260,00
La Quebrada y El Jobo	22	31.818,20
Peraza, Valle Abajo, El Filo de los Mangos	27	73.333,33
La Cañada, Riecito		
La Cristalina y El Toro	50	62.000,00

Calderas y La Urbina	25	38.400,00
Cabinbú	206	31.598,40
ESTIBANDA	75	23.666,65
Durí, Altos de Durí	24	17.288,20
La Cabrera, Estibuco, Matos Carrizal, El Potrerito	28	103.571,45
Montaña de Parajé	8	47.810,35
El Filo	16	14.852,15
El Castillo	33	13.218,45
San Juan	36	11.696,60
Curuviche	24	12508,65
El Helechal	54	9.312,10
El Cerrado	28	17.783,35
La Reserva	11	17.917,59
Arenales	38	15.381,70
Segundo Paso	18	16.915,05
Cerro Libre	130	7.934,15
El Potrero (La Morita)	19	30.526,30
Mariguete	17	26.471,00
Ampliación San Felipe Arriba	15	30.000,00

El Volcan	10	64.000,00 <i>Solar</i>
Río Arriba	35	35.714,30
Ampliación Las Mesitas	40	7.500,00
Miquimú y Mesa Potrera	112	23.214,30
Ampliación Miquía Arriba y Miquía Abajo	40	12.500,00
Cahingo	25	30.400,00
Miquimbay	32	43.750
Mogotón	12	79.166,67
Guaramacaal	13	57.692,00
Santa Roasa de la Loma	10	51.000,00
La Planita	11	47273,00
Las Virtudes	15	40.000,00
Los Pantanos	12	49.167,00
La Joya del Pozo	17	35.882,00
Asentamiento Campesino La Dulzura	30	7.350,00
Asentamiento Campesino Las Rosario	118	10.651,25
Asentamiento Campesino Las Carmelitas	34	12.892,95
Sector Capuí en Medio y Callejón La Morita	68	8330,75
Camellón La Batea	8	17.433,75

Camellón Caño El Mico Las Carmelitas	30	15.245,00
Camellón Caño El Padre	19	25.920,00
Camellón Caño El Padre La Frontera	21	17.500,00
Camellón Agua Linda	12	25.020,00
San José de Palmira	40	81.000,00
Las Delgaditas	27	11.111,00
La Arenosa, El Albarical, El Cerro, La Florida, Santa Rosa San Pablo, Las Mesitas	96	5.208,00
Malpica	13	28.009,25
Barrio La Conquista Caja Seca	2000	1.600,00
Los Aposentos	33	12.851,35

## VI.

ALTERNATIVAS DE ELECTRIFICACION

- 1) Líneas y/o Redes Aéreas Convencionales
- 2) Minicentral Hidroeléctrica y Redes Convencionales o Redes a un nivel de tensión diferente al normalizado (13,8KV. Alta 220 V - 208 V - 115 V. Baja)
- 3) Planta Diesel y Redes convencionales o Redes a un nivel de Tensión diferente al normalizado.
- 4) Electrificación individual o aislada mediante aprovechamiento eólico, plantas solares, biogas *abundante de fuel?*
- 5) Pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas individuales por vivienda, sin redes de distribución, mediante el aprovechamiento de los Sistemas de Riego.

Breve descripción de C/U de estas alternativas.1) Líneas y Redes Aéreas Convencionales.

Este sistema está formado por líneas aéreas 30/0 10 con nivel de tensión - 13.8 KV. 60 Hz en poste de acero, madera o concreto, alimentadas del sistema interconectado mediante subestaciones distribuidoras de 34.5 KV/13.8KV. generalmente y redes aéreas 30 ó 10 con nivel de tensión 240V-208V-120V 60 Hz en postes de acero, madera o concreto. Es el sistema utilizado actualmente del cual se hizo un análisis económico anteriormente.

2) Minicentral Hidroeléctrica y Redes Convencionales o no.

En un sistema normalmente aislado del Sistema Interconectado con generación propia mediante el aprovechamiento de caudales de agua, con potencias desde los 5 Kw. a los 5.000Kw. según la siguiente clasificación de OLADE.

Microcentrales 5 - 50 Kw.

Minicentrales 50 - 500 Kw.

Pequeñas Centrales 500 - 5.000 Kw.

Es adecuado para el suministro de energía eléctrica a poblados muy aislados donde se requieren líneas de alimentación de mucha longitud, como por ejemplo el caso del Caserío Piñango en el Dto. Miranda del Edo. Mérida (ver bibliografía (7).) con una población aproximada de 300 habitantes, 48 viviendas distribuidas en 19,65 Has y 1,56 Km., concentrado con un  $F_c = \frac{48 \text{ Viv}}{1,560 \text{ Km.}} = 30,77$ , producción netamente agrícola cuya vía de acceso es de tierra, a 2 horas del Pico del Aguila a través del Parámetro de las Tapias, y 45 Km. por vía de tierra.

Actualmente cuenta con una PCH desde 1970 operada bajo un esquema comunal

con un sistema de Distribución de redes con energía no continua sólo energiza do en horas nocturnas durante seis (6) horas, con una tarifa de 2 Bs/bombillo

CADAFE realizó un estudio del Sistema através de la Gerencia de Planificación de energía eléctrica a fin de satisfacer la demanda actual y futura, obteniéndose como resultado lo siguiente:

Q=0,5 m<sup>3</sup>/seg. Hneta = 20 m. Demanda = 70KVA en 15 años. (~ 80 KW)

Las alternativas que se analizaron para la electrificación de Piñango fueron:

1.- Línea de Distribución de 13.8 KV. Pico El Aguila - Piñango (vida útil 30 - años interés anual 10% método del valor presente).

Alternativas de Tendido	Inversión Inicial (Bs).	Mantenimiento Bs. Valor presente - % respecto Inversión Inicial	Costo Energía Valor presente (Bs.)	Totales Valor - presente (Bs.)
Rodeando la Carretera 45 Km.	4.500.000=67,3% 100.000 Bs/Km	5% 2.021.567,41=30,2% 10% 4.043.134,81.	0,10 Bs/Kwh 165.244,12 0,20 Bs/Kwh 330.488,24	6.686.811,53  6.852.955,65
Línea Recta 30 Km.	3.750.000 120.000 Bs/Km	5% 1.684.639,50 10% 3.369.279,01	0,10 Bs/Kwh 165.244,12 0,20 Bs/Kwh 330.488,24	4.599.883,63  5.765.127,74
Línea Recta 24 Km.	3.000.000. 125.000. Bs/Km	5% 1.347.711,60 10% 2.695.433,25	0,10 Bs/Kwh 165.244,12 0,20 Bs/Kwh 330.488,24	4.512.955,72  4.678.199,84
			0,10 Bs/Kwh 165.244,12 0,20 Bs/Kwh 330.488,28	5.599.883,62  6.025.911,45

Para calcular el costo de la energía se tomó en cuenta una demanda de 30 Kw. -- para el año 1983 y un crecimiento interanual de 2,85 Kw/año un factor de demanda del

30% y un factor de pérdida de 25% para calcular el costo de mantenimiento, se consideró que ésta se efectúa a partir del año 6 después de la instalación.

2.- Alternativa Instalación de Pequeña Minicentral Hidroeléctrica de 70 Kw

Actividad	Monto	Empresa u Organismo
a) Actividades Preliminares Plan PCH y Selección del sitio para inicio programa.	13.216,00	OLADE
b) Diseño, Supervisión y -- Gerencia de la Construcción	467.249,15	OBHIDRA CONSULT
c) Remodelación Central Vieja	63.300,00	U C V
d) Suministro Equipo Electromecánico	278.102,28	OSSBERGER 8 meses
e) Construcción Obras Cíviles	3.240.928,00	CONSTRUCCIONES EL PARQUE (5 meses)
f) Diseño Red Distribución	45.379,92	O.A. ASOCIADOS
g) Construcción Red Distribución	677.526,00	ACISMECA (5 meses)

Monto .....	4.785.701,35
Costo PCH .....	4.062.795,43-85%
Costo Redes .....	722.905,92-15%

Por su puesto la alternativa más conveniente en este caso es la de la -- Minicentral.

### Comparación de Costo Real y Costo Estimado Pequeña Minicentral Hidroeléctrica

El Costo total unitario de la Pequeña Central según OLADE  
(ver bibliografía (6))

viene dado por:

$$\text{Cut} = \frac{46.700}{H^{0,15} P^{0,4}} \frac{\text{DLs (U.S.A)}}{\text{Kw.}}$$

H = Caída neta (m) = 20 m.

P = Potencia en Kw. = 70 Kw.

Considerando el cambio a 10 Bs/DLs el costo total será:

$$\text{Cuch Piñango} = \frac{46.700}{20^{0,15} 70^{0,4}} * 10 * 70 = 3.886.075,90$$

Por lo tanto el costo total estimado según criterio de OLADE

Costo Estimado = 3.886.075,90 Bs.

El Costo Real de la PCH

Costo Real = 3.999.495,43 Bs. (no se incluye costo de reparación del generador existente)

Costo Estimado = 97,16 %

Costo Real

El valor estimado es muy cercano al real, por lo cual esta expresión puede utilizarse con buena precisión.

#### Análisis del costo de la alternativa de línea

Costo Total = Inversión Inicial + Operación y Mantenimiento + Costo energía --  
+ Costo Elevación Precios.

$$C = 100.000 \text{ L} + 0,05 * (100.000 \text{ L}) * \frac{(1-(1+i)^{-n})}{i} + 0,15 * 8.640 * 0,3 * \text{Kw Promedio n} \frac{(1-(1+i)^{-n})}{i}$$

Costo línea / Kw = 100.000. Bs/Kw. (Inversión Inicial)

L = Longitud de la línea

Porcentaje Costo Operación y Mant. respecto al valor Inversión Inicial = 5%

Factor de valor presente =  $\frac{(1-(1+i)^{-n})}{i}$

n = número de años (vida útil)  
i = interés anual costo capital

Costo Kw residencial = 0,30 Bs/ Kw

Considerando 0,15 Bs/Kwh de pérdida en líneas y no recaudación

Costo Kw residencial = 0,15 Bs/Kwh

Factor demanda = 0,3 = 30%

Demanda promedio = Kw. promedio n  
(en n años)

Horas / año = 8.640

De la tabla de alternativa de línea puede simplificarse la expresión:

Inversión Inicial = 100.000 L.

Operación y Mant. = 45% Inversión Inicial

Costo Energía = 4% Inversión Inicial

Pica 2 veces año = 6% Inversión Inicial si se considera a 3.000. Bs. Km.

Incremento precios materiales y mano de obra = 30% Inversión Inicial actual

Costo línea = 100.000 L (1+0,45 + 0,04 + 0,06 + 0,3) = 1,85 \* 100.000 L.

Costo línea = 185.000 L.

Pudiéndose considerarse esta expresión para calcular el costo total de la línea en valor presente.

Si para un caserío similar a Piñango, pero con una longitud de línea menor quisiera determinarse ésta de tal forma que la alternativa fuese más económica que la de la Pequeña Minicentral entonces la longitud máxima sería:

$$185.000 \text{ L} \leq 3.999.495,43$$

$$\text{L} \leq 21,62 \text{ Km.}$$

Por lo tanto en ese caso sólo para líneas mayores a 21,62 Kms. se justifica la Inversión en Minicentrales Hidroeléctricas y donde las redes sean concentradas.

#### Recuperación de Pequeñas Minicentrales Hidroeléctricas

1.- En muchas poblaciones de los Andes se utilizó esta alternativa antes de que CADAFE construyera los actuales Sistemas de Líneas y Redes, pudiendo citarse algunos casos del Edo. Trujillo.

- Central de San Lázaro, ubicada en la Población de San Lázaro a 25 Km. de la Ciudad de Trujillo con dos turbinas tipo Francis con capacidad de 250 KVA C/U. desincorporadas hace aprox. 25 años. En el sitio de la Planta se conserva algunos equipos al igual que el sistema de aducción en casi su totalidad.

dedonde salió (abundante) 19  
Thos a mudo mayor

- Central de la Quebrada: en la Población de la Quebrada, desincorporada aprox. 20 años.

- Central de Boconó : en Boconó desincorporada hace aprox. 20 años.

Es recomendable hacer un estudio de estas Plantas a fin de determinar su posible recuperación lo cual permitiría utilizarlas para las horas punta y casos de emergencia del sistema actual.

2.1.- Algunos productores agropecuarios han tratado de implementar esta alternativa en lugares aislados por su menor costo ante las líneas de CADAFE y por su mayor confiabilidad, como es el caso de la Hacienda del Dr. Soriano en Mesa Grande cerca de la Población de Jajó, en la cual se tienen sembradíos de flores que requieren de alumbrado en la noche para el aceleramiento de su ciclo de crecimiento, con una instalación de 500 Bombillos de 40 W. una turbina tipo Mitchell-Banki marca OSSBERGER de 33 KVA. y una Pelton de 10 KVA para el consumo del día .

Esto evidencia que esta alternativa puede ser empleada para satisfacer el servicio a productores particulares muy aislados con disponibilidad de saltos de agua con aprovechamiento hidroeléctrico.

### 3) Planta Diesel y Redes Convencionales o no Convencionales

Esta alternativa ha sido utilizada en muchos caseríos como por Ej. San José de Palmira (actualmente en uso), Las Mesitas y otros, presentando las siguientes características.

a) El costo del combustible encarece esta alternativa en la medida en que los recursos petroleros se hacen más costosos.

b) El difícil acceso a los caseríos en las Zonas Altas eleva el costo de operación y mantenimiento. *y del combustible*

c) Las reparaciones y mantenimiento de la Planta requieren el empleo de mano de obra especializada lo cual es difícil de lograr en el sitio, y las reparaciones por contrato resultan muy costosas, por lo que la vida útil de la planta disminuye considerablemente.

Por Ejemplo en las Mesitas una planta para 30 Kw. duró sólo un año de operación y luego fué abandonada hace 22 años.

En San José de Palmira ya se han abandonado 2 plantas de este tipo y actualmente cuentan con una nueva Planta Diesel de 50 Kw. con 1.1/2 año en operación, la cual suministra servicio sólo en horas nocturnas.

d) Sólo ha permitido en los sitios donde se ha instalado un servicio no continuo normalmente para alumbrado en horas nocturnas y aparatos de poco consumo.

Como puede verse esta alternativa presenta mucho más desventajas que ventajas, por lo que no es recomendable.

### 4) Electrificación Individual o Aislada mediante aprovechamiento eólico, plantas solares o biogas.

Estas fuentes no convencionales de energía están tomando mucho interés en la actualidad y se adelantan algunos proyectos pilotos por parte de algunos Organismos como CADAFE a fin de evaluar sus resultados.

Estas alternativas deben estudiarse con más profundidad investigando en las Zonas Altas de Los Andes, los posibles sitios de implementación, aunque a priori pueden hacerse los siguientes planteamientos.

- En los Valles Altos la intensidad de las radiaciones solares es de un valor inferior a otras Zonas del País donde es más factible esta alternativa, presentándose la particularidad de la elevada frecuencia de presentación de nubosidad y neblina. *- Células solares*

- La velocidad del viento debe medirse en aquellos puntos de posible interés y con suficiente duración a fin de analizar la factibilidad de instalar molinos de viento.

- La utilización del Biogas requiere infraestructuras de minigranjas agrícolas que permitan obtener y utilizar los suficientes desechos orgánicos como fuente de energía lo cual actualmente no se tiene.

Estas alternativas no han sido estudiadas, por lo cual no se disponen de elementos de comparación cuantificables y se hace necesario el considerarlas como una alternativa más de electrificación según cada caso en particular

### 5) Pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas Individuales por Viviendas

Las Pequeñas Microcentrales a considerar son Centrales Individuales sin acoplamiento a redes, comprendidas en rangos de potencia de 1-5 Kw. según OLADE, pudiendo utilizarse en Sistemas de Riego con operación discontinua en verano y continua en invierno lo cual las clasifica como tecnología no convencional, regulables manual o automáticamente.

Esta alternativa se ha tratado de implementar desde hace muchos años en las Zonas Altas por algunos campesinos, pero en forma muy empírica, utilizando turbinas-

de Paletas de muy bajo rendimiento con pequeños alternadores, sin regulación alguna, - lo cual ha impedido lograr un servicio eléctrico de buena calidad.

Como ejemplo de estos casos pueden citarse los siguientes:

- Durí (Vivienda Sr. Pompilo Vergara)
- La Ovejera (Las Mesitas)
- Visón (Vía Tuñame - Las Mesitas)

Ventajas que presenta esta Alternativa:

a) Además del beneficio propio de la electrificación, permite la integración social y económica de las comunidades al utilizar mano de obra de la zona y permitir -- que la propia comunidad administre el sistema.

b) Permite aprovechar la capacidad ociosa del sistema de riego en época de invierno, y en época de verano de 6 pm a 6 am. *¿habiendo agua?*

c) Simplicidad y estandarización de la maquinaria turbo-eléctrica y hasta donde sea posible la de las obras civiles, lo cual permite que los equipos puedan fabricarse artesanalmente en el país en un principio, y luego industrialmente.

d) Fácil adaptación a obras existentes (Sistemas de Riego)

e) Bajo costo de construcción, y operación y mantenimiento accesible a la comunidad campesina, al utilizar una obra de riego existente o diseñar y construir el sistema riego-electricidad con costos compartidos entre organismos que persigan fines comunes como por ejemplo CORPOANDES y CADAPE.

f) Descongestiona los Centros de Distribución (Sub-estaciones) por la autonomía del sistema, disminuyendo la incidencia de fallas menores sobre el sistema interconectado.

g) El difícil acceso y la topografía montañosa dejan de ser con esta alternativa factores negativos a considerar para la electrificación de las comunidades en las zonas altas.

Posibles desventajas

La ampliación del riego para suplir una demanda creciente altera los parámetros del sistema, siendo este menos versátil en tal sentido que las redes aéreas tradicionales.

Pero la demanda en los caseríos considerados crece a un ritmo muy lento, por lo que ese factor no es de ponderación considerable.

VII. UBICACION DE LOS CASERIOS SIN SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA SEÑALADOS EN EL INVENTARIO-EN LAS ALTERNATIVAS MENCIONADAS

Del Inventario de las Comunidades sin servicio eléctrico se analizan aquellos posibles caseríos donde la alternativa de Minicentrales es factible y debe efectuarse un estudio más detallado frente a la alternativa de líneas aéreas de 13.8 KV.

- 1.- Caseríos con estudios Hidrológicos considerados por MARNR (ver bibliografía (2)).

CASERIOS	CAIDA NETA Hn (m)	POTENCIA ALCANZADA	DEMANDA	TURBINA	GENERADOR
La Cava, Loma Pancha, Jacob, Potrero Grande	27,67	217 Kw	186,55 Kw.	295,10 Kw	207,7 Kw.

Costo Total Minicentral Hidroeléctrica

$$Cmch = (46.700 \times 10 / 26,70^{0,15} * 207,7^{0,4}) * (207,7 * 0,8) = 5.609.085,71 \text{ Bs.}$$

Costo Total Líneas:

$$CL = 185.000 \text{ L} = 185.000 \times 12 = 2.200.000,00$$

$$L = 12 \text{ Kms.}$$

La Alternativa de instalar línea es mas conveniente que la de la Minicentral

Nota: Las Redes de Distribución de la Baja Tensión no se consideran por ser comunes a ambas alternativas.

- 2.- Caseríos del Inventario no incluidos en el estudio de MARNR con Caudales Aprovechables Hidroeléctricamente.

No se disponen de datos hidrológicos, pero se estimará que la demanda puede suplirse y que la topografía de la Zona permite saltos medios de 20 m por comparación con casos con datos conocidos como son PINANGO y LA CAVA- JACOB, por tal razón se asumirá  $H=20 \text{ m}$  y  $P=$  Demanda, a fin de realizar una estimación ( En un estudio específico pueden lograrse con exactitud estos cálculos ).

Determinación de la Demanda

$$\text{Demanda Actual Diversificada} = 0,35 \text{ KVA/VIV} = 0,35 * 0,8 \text{ KW/VIV.}$$

(ver apartado Estudio de La Demanda)

Demanda futura diversificada =  $D_{fv} = D (1+i)^n$  KW / VIV.

Número de Viviendas Actuales = VIV.

i = Crecimiento demanda por vivienda = 5% por la Zona. —

n = Número de años para los cuales se hará la estimación

Número de Viviendas Futuras en n años =  $Viv_f = VIV (1 + \frac{1+i}{6})^n$

Lo cual se justifica si se considera que la población futura a estimar es:

$P_f = P (1+i)^n$

Siendo: i\* = tasa de crecimiento = 0,0150 para caseríos de Trujillo y que el promedio de habitantes en la Zona es de 6 Hab/viv (ver bibliografía (1) Pág. 62).

Demanda Futura en 20 años:

$D20 = D_{fv} * VIV_f =$  Demanda Futura por Vivienda \* No. Futuro de Viviendas.

$D20 = (0,35 * 0,8 (1+0,05)^{20}) * (1 + \frac{1+0,015}{6})^{20} * VIV.$

$D20 = 0,910 * VIV.$

#### Determinación del Costo Total de la Pequeña Minicentral

Costo unitario total de la Pequeña Minicentral Hidroeléctrica :  
(ver bibliografía (2) Pág. 213).

$C_{ut} = \frac{46.700 \text{ Dls (U.S.A.)}}{H^{0,15} P^{0,4} \text{ Kw}}$  Según OLADE

H = Caída neta (m)

P = Potencia en Kw

Considerando el cambio a 10 Bs/ Dls, el costo total será.

$C_{mch} = \frac{46.700}{H^{0,15} P^{0,4}} * 10 * D20 \text{ Bs.}$

Se asumirá H= 20 m y P = D20.

#### Determinación del Costo de la Línea

Se considera como costo total la línea incluyendo Inversión Inicial, Operación y Mantenimiento y Costo de la Energía, Picas e Incrementos de Precios.

C Línea = 185.000 L Bs,

*made 21km?*

CASERIO	DEMANDA MAX. EN 20 AÑOS ( Kw )	COSTO MINICENTRAL Bs.	KM. LINEA	COSTO LINEA 30 ARV. 1/0 Bs.	% COSTO LINEA COSTO M.C.J.
Cabimbú, Piedra Gorda y Puerta-del Páramo	76,42	4.018.709,40	6,76	1.250.970,00	31,13
Tomón	53,68	3.251.246,41	4,67	863.580,00	26,56
La Mesa de Guaitó y La Cuchilla de-Campo Elías	59,14	3.445.808,80	5	925.000,00	26,84
Estibandá, El Rincón y Cuencas	68,23	3.826.816,85	5	925.000,00	24,17
Cabimbú	187,42	7.016.847,10	(15,4)	2.849.000,00	40,60
Durí, Altos de -- Durí	21,83	1.931.455,45	3,5	647.500,00	33,52
La Cabrera, Estibuco, Matos de Carrizal, El Potrerito	25,45	2.117.703,36	10	1.850.000,00	87,36
Miquimú, Mesa potrera	101,90	4.868.071,65	14	2.590.000,00	53,21
Malpica, Los Apoyentos.	41,85	2.854.103,60	4,6	851.000,00	29,82
Guaramacal (80 VIV.)	72,80	3.978.609,19	16,0	2.960.000,00	74,40

Se observa en todos estos casos que la alternativa de línea de 13.8 Kv. aérea - es más conveniente económicamente que la de Minicentral Hidroeléctrica.

Analicemos ahora los siguientes casos especiales:

1) Caseríos La Manga, Sosó, Cuzandá, Los Llanitos, Metén, Las Palchas, Esdorá - y Estiguete.

Dichos Caseríos se encuentran en una misma región montañosa y de páramo tal como se señala en el Plano del Inventario. Para ser electrificados requieren de una línea de aprox. 30 Kms. y posiblemente una S/E. en la Población de San Lázaro por la caída de tensión. Consideramos primeramente, que la línea que alimenta a La Manga será común a Cuzandá, Los Llanitos, Metén, Las Palchas, desde La Manga se alimentará a Sosó con un ramal, y a Esdorá con otro ramal, mientras que Estiguete se alimentará con una derivación de Esdorá; no se considerará el costo de la S/E.

CASERIO	DEMANDA EN 20 AÑOS (Kw)	COSTO MINICENTRAL	KMS LINEA	COSTO LINEA	% COSTO LINEA COSTO M.C.H.
La Manga	31,85	2.377.217,90	13 Kms	2.405.000,00	101,20
Esdorá	56,41	3.414.100,21	9,69	1.792.650,00	52,51
Sosó	20,015	1.833.425,90	3,6	666.000,00	36,33
Estiguete	29,11	2.295.502,55	3,9	721.500,00	31,43
TOTAL		9.920.246,56		5.585.150,00	56,3

Se observa que en el caso del Caserío La Manga la alternativa de la Pequeña Central Hidroeléctrica es ligeramente más favorable, pero como estas electrificaciones - deben mirarse en conjunto puesto que los alimentadores son interdependientes, entonces la alternativa de líneas es más conveniente según lo indica el total.

Si al Sistema de Línea le agregamos el costo de una Subestación 34.5/13.8KV. 5-MVA y una Línea de 4 Km. de 34.5 KV.

Costo Total Línea 34.5 KV =  $1,85 * 130.000 * L = 240.500,00 L = 962.000,00 Bs.$

Costo Inversión Inicial S/E = 1.450.000,00 Bs.

Costo Operación y Mant. S/E =  $5% * 1.450.000. \left( \frac{1 - (1+i)^n}{i} \right) = \dots\dots\dots$

*Los kilómetros de la línea son iguales a Termite*

Costo operación y mant. =  $5% * 1.450.000 \left( \frac{1 - (1+0,05)^{-20}}{0,05} \right) = 903.510,25 Bs.$   
 Costo total S/E =  $1.450.000 + 903.510,25 = 2.353.510,25$

Luego Costo total Minicentral = 9.920.246,56 Bs.

Costo total líneas = 8.900.660,25 Bs.

% Costo líneas / Costo Minicentral Hidroeléctrica = 89,72%,

Aún la alternativa de líneas sigue siendo más económica con la ventaja adicional de que la S/E. permite un mejoramiento de servicio en la Zona con redes existentes y la prolongación de líneas nuevas como la de Cabimbú.

2) Caserío San José de Palmira, Las Delgaditas, La Arenosa, El Albarical, el Gerro, La Florida, Santa Rosa, San Pablo, Las Mesitas.

El más importante es San José de Palmira una población concentrada con Plaza - Bolívar, Prefectura, Junta, Iglesia, Etc., el cual se encuentra a 8 horas en mula - desde Piñango por Zona de Páramo sin vías de acceso y a 30 Kms. 2.1/2. horas de la población de Arapuey, punto factible de alimentación.

La línea a San José de Palmira requiere una longitud de 24 Kms., pero serviría de alimentador a los otros caseríos puesto que su ruta pasa por ellos, con la desventaja de atravesar en la mayor parte de su ruta, zonas montañas de vegetación alta y ser la vía de acceso en invierno intransitable.

Si consideramos sólo el caserío San José de Palmira

CASERIO	DEMANDA EN 20 AÑOS (Kw.)	COSTO MINICENTRAL	Km. LINEAS	COSTO LINEAS	% COSTO LINEA COSTO M.C.H.
San José de Palmira	36,40	2.624.903,15	24	4.440.000,00	169,15

En estas condiciones es mucho más conveniente la Minicentral pero se dejarían de electrificar los demás caseríos.

Se recomienda analizar una alternativa combinada que permita electrificar los caseríos que se encuentran cerca de Arapuey con una línea; y se considera la potencia de la Minicentral Hidroeléctrica de manera que permita suplir la demanda de los caseríos cercanos a San José de Palmira.

La alternativa de la Minicentral es bastante atractiva por las condiciones de acceso y topografía a San José de Palmira, pero la alternativa de la línea permite -- electrificar los otros caseríos.

### 3) Caseríos La Cañada, Riecito, La Cristalina:

Se encuentran situados en la Antigua Carretera Trujillo Boconó por Carretera de Tierra en buen estado en una Zona de Topografía montañosa de Semi páramo, con una elevada producción agrícola.

Por la zona a 5 Kms. sólo pasa una línea de 34.5 Kv. que vá desde la S/E. -- Trujillo a la S/E. San Rafael y S/E. Boconó, por lo cual para alimentar estos case-- ríos se requiere una pequeña S/E. 34.5/13.8KV, con todos los elementos de protección requeridos para garantizar la confiabilidad del servicio a Boconó, San Rafael, San Miguel, Burbusay y todas las poblaciones importantes del Dtto. Boconó, siendo esta al-- ternativa no muy atractiva por esa razón.

CASERIOS	DEMANDA Kw	COSTO MINICENTRAL	COSTO LINEA 13.8KV Y PEQUEÑA S/E. -- 34.5/13.8 KV.	KM LINEA	KM. LINEA 13.8 KV.	COSTO LINEA 13.8 KV. Bs
La Cañada, Riecito, - La Crista- lina.	45,5	3.000.953,70	1.387.500,00 a 277.500 Bs/Km.	5+P.S/E	25	4.625.000,00

A pesar que la alternativa más conveniente es una pequeña S/E. de 34.5/13.8- KV. y línea de 13.8 KV. , es necesario considerar con análisis más riguroso la alter- nativa de una Pequeña Minicentral Hidroeléctrica.

3.- Del análisis anterior puede verse que la alternativa del uso de Minicentra- les no es factible en casi ningún caserío sin electrificar en el Estado Trujillo, y- por otra parte la alternativa de líneas y redes aéreas presentan un elevado costo -- debido a la pronunciada dispersión de las viviendas en los Caseríos, razón por la -- cual se analizará la alternativa de Pequeñas Microcentrales adaptadas a los sistemas- de riego y se establecerá finalmente una comparación económica entre este sistema y- línea y redes. En el Caserío Durí existe una instalación hidráulica con tanque desa- renador, tanque de almacenamiento y tubería con diámetros entre 6 pulg. y 1 pulg. -- con una turbina muy rústica cuya capacidad aprovechable es de 1 Kw.

Es conveniente analizar la alternativa de una posible utilización de dicho- sistema hidráulico con la instalación de una turbina generador según su capacidad.

### VIII.

#### SISTEMAS DE RIEGO VALLES ALTOS IMPLEMENTADOS POR CORPOANDES

El complejo de obras pone bajo riego por aspersión una determinada superficie, distribuidas en una o varias Unidades de Riego dependiendo de, la ubicación y número- de parcelas como de la Topografía del terreno.

Si las Unidades de Riego son varias, estas se distribuyen en sectores, y su ope- ración es independiente una de las otras, para la construcción de estos riego hace - falta realizar obras cíviles, y las líneas de aducción.

#### 1) Obras Cíviles

Cada una de las unidades de riego, consta básicamente de los siguientes ele- mentos:

##### 1.1.- Dique Derivador

El punto de captación está ubicado en el curso de la Quebrada o Río y de un dique de concreto ciclópeo de sección trapezoidal, que funciona como un verte- dero en el curso de las quebrada, con capacidad para descargar las crecientes de la- misma. Perpendicularmente a la dirección del flujo de la quebrada está ubicada una - compuerta rectangular destinada a alimentar los requerimientos de agua para el riego

El Dique, presenta un muro lateral que se extiende aguas arriba en -- una longitud reglamentaria, destinado a la defensa de la margen de toma.

Las dimensiones de estas estructuras son de acuerdo al requerimiento- de riego, la operación de mantenimiento para la remoción de materiales sedimentados- se realiza através de los comité de riego. Estas estructuras diseñadas en base a un- modelo tipo, responden a la pequeña variabilidad que presentan en su construcción, - basada en las características del curso de las quebradas.

##### 1.2.- Tanque Desarenador

Se encuentra ubicado a una cierta distancia de la compuerta del dique derivador; y se comunica mediante un canal de concreto. Esta estructura cumple dos - objetivos: 1) Decantar y filtrar las aguas antes de ser conducidas por la tuberías - de aducción 2) Producir la altura de carga necesaria para alimentar la tubería de -- aducción.

La estructura está compuesta de una caja rectangular, cuya cavidad se encuentra dividida en dos (2) compartimientos por un tabique central. El segundo com- partimiento está provisto de dos tamices (Malla N° 1.2) para filtrar la hojarasca y- otros materiales que obstruyen las operaciones de las boquillas. Por encima del tamiz está ubicado un aliviadero para drenar el agua, los materiales para la construcción de esta estructura son bloques de cemento reforzado.

## 2) Línea de Aducción

En algunos casos particulares, la línea de aducción es la misma línea de distribución de riego, debido a que en estas unidades de momento no se hace necesario la construcción de un depósito de almacenamiento para el agua durante la noche, porque el caudal de la quebrada a la altura de las derivaciones tiene volúmen suficiente para el requerimiento del riego. *CONTINUO*

Por consiguiente, esta línea se inicia directamente en el tanque desarenador, y se prolonga hasta la parte final de cada unidad de riego, distribuyendo el agua en su trayecto mediante conexiones provistas de registros a nivel de parcela. Como se trata de un diseño que produce las presiones por gravedad, o altura de carga se ha tratado de ajustar dentro de los valores admisibles de presiones y descarga apropiadas en los aspesores.

Los materiales de riego a ser empleados en la construcción de esta estructura corresponden al tipo de tubería de hierro galvanizado, de la serie 150 mediana o pesada (Tubos de acero para agua), Sistema de rosca y anillo, con una presión de prueba hidráulica de 75 Kg./cm<sup>2</sup> (1.065 lbs./Pulg.<sup>2</sup>). Para la conexiones se emplearán niples, codos y flanges propios de este tipo de instalación. También se utiliza la tubería de lámina galvanizada tipo enganche.

Con las características de resistencia y calidad de esta tubería, se pueden mantener permanentemente cargadas de agua con la cual se facilitan la operación del riego accionando simplemente las llaves a nivel de parcela.

La dirección de la tubería sigue la máxima pendiente, y su ubicación está en su mayor parte sobre los linderos de las parcelas, con lo cual no se obstaculiza las labores agrícolas.

### 2.1.- Líneas de Riego Portátiles

En la línea principal de riego esta prevista la instalación de conexiones y llaves, con su respectivo acoplamiento que a partir de las cuales se instalarán las líneas portátiles de aluminio. Para el cálculo se ha partido del número máximo de regadores para cubrir la demanda de agua de cada parcela en el tiempo previsto de riego.

En la práctica la longitud de las líneas portátiles y el número de regadores, estará acondicionado por la demanda del agua en función del área de cultivo, asegurando de esta manera un suministro de gasto suficiente, lo que permite aplicar la frecuencia del riego o su equivalente en turnos.

## 3) Fuente de Agua

Para la fuente de agua se tienen ríos y quebradas, estas deben poseer cursos permanentes de aguas para el consumo del sistema, de lo contrario se tiene que establecer turnos de riego. *(IMPORTANTE)*

## 4) Diseño y Cálculo:

Los parámetros para el diseño y cálculo del sistema de riego son:

4.1.- Distribución de las áreas en forma homogénea en lo concerniente a que no existieran diferencias de nivel significativas en c/u de ellas y que a la vez se cubra aproximadamente la misma área de cada turno.

4.2.- Se establece un trazado de la tubería principal en el plano, con su correspondiente replanteo en el campo, asumiendo inicialmente un diámetro tentativo.

4.3.- Los cálculos se hacen en base a los siguientes parámetros:

- Gasto por Aspesor
- Tiempo de Aplicación
- Número de Cambios / Turnos

4.4.- En las líneas de aspesores se utiliza para el cálculo tubería de aluminio de 2 a 3" , manteniéndose la velocidad entre 0.20 a 2 m / seg.

4.5.- Las alturas de carga se calculan según los siguientes parámetros.

- Altura de carga en la boquilla del aspesor
- Pérdida de carga de la boquilla
- Cálculo de las fricciones se hace según la fórmula de Darcy.

$$F = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Nota El valor de "f" se toma de una tabla en el "Manual de Hidráulica" de Trueba Coronel para diferentes materiales *1/2" ?*

## 5) Cálculo de los Materiales para las Obras Cíviles

- Tanquilla, está formada por el piso y las paredes que son de bloques y concreto.

- El Dique
- Muro lateral

- Canal
- Compuerta metálica
- Anclajes - son de sustentación y aislamiento

IX.

### MANEJO Y ADMINISTRACION DEL SISTEMA DE PMCH

#### Comité de Riego

En todos los Sistemas de Riego de Corpoandes, existe un comité de riego que es el encargado de resolver los problemas tales como corregir fallas o mejorar el servicio del mismo, en caso de verano intenso, racionalizar el agua y distribuirla segun las necesidades, velar por el cumplimiento de los turnos de riego establecidos y en general tratar todo lo relacionado con la buena marcha del sistema de riego.

El Comité tiene la obligación de crear un fondo en dinero que permita el mantenimiento, mejoras del sistema de riego, vigilancia de la obra y gastos ocasionados con el funcionamiento. Este fondo está formado por el aporte de los usuarios a modo de cuota mensual y por el aporte que por derecho a instalación harán los nuevos usuarios.

El Comité de Riego está integrado por personas de la comunidad con carácter -- ad-honorem y designados en asamblea popular de los usuarios del Sistema de Riego, -- con la presencia de representantes del Programa de Desarrollo Agrícola de los Valles Altos y Representantes de la Junta Comunal.

Esta experiencia puede utilizarse para la Administración y Manejo del Sistema de la PMCH con asesoramiento de CADAPE para el mantenimiento y cobro de tarifas por uso de las instalaciones.

## X. Estimación de la Demanda de Energía Eléctrica

### 1. Método aparatos eléctricos por Vivienda

Tipo Vivienda	Proporción	Carga Instalada	Demanda Pico Individual no diversificada	Demanda Pico Individual diversificada	Distrib. Vivien- da	Aparatos.
A	10%	2.950 w	1.475 w	737,5 w	Cocina, Comedor Sala, 4 Habit. - 2 Baños	1,2, 4,5, 7,8.
B	20%	2.360 w	1.416 w	566,4 w	Cocina, Comedor 3 Habit. 1 Baño	1,2, 5,8,
C	70%	1.320 w	1.200 w	480 w	Cocina, Comedor 2 Habit.	1,8.

1 = Alumbrado 2 = Nevera 3 = Radio 4 = Tocadoisco 5 = Televisor 6 = Licuadora  
7 = Pulidora 8 = Plancha.

Aunque las viviendas tipo C no tiene plancha generalmente, ésta se incluye para el análisis de la Microcentral

La Demanda pico individual se determina por  $D = \sum D_j \cdot (\%)$ ;  $j = A, B, C$

Demanda pico individual no diversificada = 1280 Kw/viv.

Demanda pico individual diversificada = 0,523 Kw/viv.

### 2. Método Westinghouse de la demanda diversificada

Considerando una comunidad típica de 20 viviendas con porcentajes de usos de equipos: luz y miceláneos 100%, refrigerador 20%, calentador 10%, cocina eléctrica 5% y la demanda máxima a las 7 Pm se tiene:

Demanda pico diversificada por vivienda = 0,711 Kw/viv

3. En los Proyectos de Electrificación de Caseríos del Edo. Trujillo se ha efectuado un análisis de la energía consumida y los factores de carga en la Zona Rural encontrándose que la demanda diversificada pico por vivienda es 0,35 KVA/VIV.

(ver Proyectos Electrificaciones Dto. Boconó O.A ASOCIADOS)

4. Las Naciones Unidas citada por Chaquea et al establecen que la demanda de potencia Pico por Vivienda es 0,5 Kw/Viv. (ver bibliografía 2).

5. CADAFE para el año 1992 considera una demanda máxima por vivienda de 0,65 -- Kw/Viv. siendo la demanda actual extrapolada de 0,40 Kw/viv. (ver bibliografía 2)

6. Se selecciona como demanda actual pico individual no diversificada por vivienda los valores determinados con el método de aparatos D = 1280 w. los otros dan demandas diversificadas, el cual permitirá el diseño para las pequeñas microcentrales, y como demanda actual pico diversificada por vivienda D = 0,35 KVA/viv. por considerar que éste método está basado en mediciones reales con un factor potencia de - 0,8.

7. Demanda futura en 20 años'

$D_f = D \text{ actual} * \text{Factor crecimiento Demanda} * \text{factor crecimiento de viviendas}$

$F_{\text{crecimiento viviendas}} = \left(1 + \frac{(1+i)^n}{6}\right)$  Considerando 6 hab. por vivienda

$i^* = 0,015 = \text{Tasa de Crecimiento para caseríos de Trujillo}$

$n = 20$

$F_{\text{crecimiento demanda}} = (1+i)^n$

$i = \text{Crecimiento demanda por vivienda} = 5\%$

(ver bibliografía 2) pag. 63.

Demanda futura pico individual diversificada para (v) viviendas

$D_{fd} = 0,35 * 0,8 (1+0,05)^{20} \left(1 + \frac{(1+0,015)^{20}}{6}\right) * v \text{ (Kw.)}$

$D_{fd} = 0,910 * v.$

Demanda futura pico individual no diversificada

Para una vivienda se considera que en 20 años esta carga se hará igual a la máxima carga instalada del método aparatos eléctricos por vivienda para viviendas -- tipo B.

$D_f = 2.360 \text{ w} = 2,5 \text{ Kw.}$

#### XI. APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

1) Cálculo de la potencia útil en los diferentes puntos de un sistema de riego.

En la determinación de la capacidad de generación requerida de las pequeñas microcentrales hidroeléctricas es necesario tener en cuenta dos parámetros fundamentales:

- Caudal (Q en litros por segundos)
- Altura de caída (H en metros).

La potencia aprovechable a la salida del generador, es:

Potencia útil =  $T Q H r.$

donde:  $T = p.g \text{ (agua)} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9810 \text{ Kg/m}^2\text{s}$

$r = \text{rendimiento}$

$Q = \text{Caudal}$

$H = \text{Caída de Agua}$

Si se trata de una planta hidroeléctrica el rendimiento puede estimarse aproximadamente en un 70% (pérdidas turbina, alternador).

Cabe destacar, que Corpoandes al diseñar un riego, como son sistemas en los cuales los caudales y presiones se producen por gravedad, han tratado de ajustar dentro de los valores admisibles dichas presiones y caudales en todos los puntos del Sistema.

Para un análisis más detallado del cálculo de la potencia en un sistema de riego se tomará como base el Proyecto de Riego Corpoandes del Caserío Miquimboz La Quebrada Dtto. Urdaneta.

Como primer paso se seleccionan los puntos donde posiblemente se instalarán las pequeñas microcentrales de acuerdo al levantamiento topográfico donde está proyectado el Sistema de Riego. Luego se toman los caudales y alturas en cada punto seleccionado, estos datos los suministrará Corpoandes. Aplicando la fórmula de potencia útil - antes indicada calculamos la capacidad de las Microcentrales en cada punto.

Los puntos seleccionados en el levantamiento del caserío Miquimboz al igual que los caudales, velocidades alturas y potencias calculadas están en el plano y tablas anexas.

#### 2) Selección de la Turbina y Generador

El tipo de turbina a ser empleada en el caso de las Pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas será la Michell- Banki y la capacidad del generador estará determinada por el caudal y altura (salto) en cada punto del Sistema.

La Turbina Michel-Banki es una turbina de acción de flujo transversal, entrada radial y admisión parcial, formada por un inyector y un rodete provisto de un número determinado de álabes curvos, obteniéndose con ella eficiencia del orden del 80% escogida por ser recomendable su utilización para saltos medios tal como los que se presentan en los caseríos de las Zonas Altas de Trujillo.

Las Turbinas empleadas en experiencias de pequeñas microcentrales en el Estado Trujillo son de fabricación artesana, rústicas y con paletas por lo que tienen un

rendimiento muy bajo.

### 3) Acoplamiento del Sistema Turbina- Generador

En base a experiencias de pequeñas microcentrales hidroeléctricas particulares instaladas y en servicio en el Estado Trujillo, el acoplamiento ideal para implementar en los sistemas de microcentrales sería por medio de correas. Este mecanismo es económico, seguro y de fácil mantenimiento para el campesino.

### 4) Regulación Sistema Turbina - Generador

La variación de la frecuencia de generación que se presenta al variar la carga se controlará por medio de un grupo de resistencias que aumentarán o disminuirán de acuerdo a la carga, trabajando la turbina a plena apertura.

El grupo de resistencias podría sustituirse por un calentador de agua eléctrico que a la vez de controlar la variación de frecuencia, mantendría agua caliente para uso doméstico del campesino.

Pero como los dispositivos eléctricos en estas condiciones tienen una vida útil pequeña es conveniente garantizar la regulación con reguladores hidráulicos cuya incidencia de costo en el Sistema no es muy significativo.

### 5) Análisis de Costos de las Pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas

Para determinar los costos reales en la ejecución del proyecto de instalar pequeñas microcentrales hidroeléctricas en los sistemas de riego implementados por Corpoandes para los Valles Altos del Estado Trujillo, se tomarán para efectos del análisis los indicadores más generales, con lo cual no reflejará la realidad de lo que se quiere con el estudio, por lo tanto, una revisión más específica a los parámetros que lo conforman, incluyendo el sector donde se ejecutará la obra, será muy necesario.

De acuerdo a un estudio de OLADE existe una metodología para determinar el costo de la maquinaria turbo-eléctrica (turbina, generador, regulador), aplicando la siguiente fórmula:

$$C = \left(\frac{P}{H}\right)^{0.7} \times 9000 - \text{Precio FOB } (\$)$$

donde : C = Costo (dólares)  
P = Potencia (KW)  
H = Altura de Caída.

*H sin regulador  
con partes etc  
muy baratos*

A continuación anexamos unas tablas sobre precios de equipos para pequeñas microcentrales utilizando la fórmula anterior para el caso específico del caserío Miquimbo.

Al analizar la tabla de costo de Equipo de Microcentrales de acuerdo al caudal se puede calcular aproximadamente el costo por vivienda en caso de instalarse este sistema en la Comunidad de Miquimbo.

Total de Viviendas : 16

Total Costo Inversión = 12.423,59  
(Equipos Microcentrales)

Total costo de Obra Civil y acople de las microcentrales al Sistema de Riego = 1.387,00 Bs.

Costo Vivienda =  $(12.423,59 + 1387)/16 = 863,17 \$$

Llevados a Bs.  $863,17 \times 10 = 8.631,70 \text{ Bs.}$

*Byo*

TABLA DE PARAMETROS PARA INSTALAR LAS P M C H

PUNTO DE INSTALACION	Q=LIT/SEGUNDO	V (m/segundo)	H(m)	P(w)	L(m)	D(m)
A1	2.88	1.41	30	594	51.2	0.051
A2	8.64	1.06	62	5313	345.6	0.102
A3	8.64	1.90	93	4924	588.8	0.076
A4	1.92	0.60	119	1437	73.6	0.064
A5	3.84	1.88	89	2346	889.6	0.051
A6	2.88	0.63	75	1483	883.2	0.076
A7	2.88	1.41	85	1681	985.6	0.051
B1	2.88	1.41	48	949	281.6	0.051
C1	24.96	1.38	36	6645	339.2	0.152
C2	9.60	1.17	98	6460	780.8	0.102
C3	7.68	1.17	101	5590	832.0	0.102
C4	5.76	1.27	91	3599	806.4	0.076
C5	1.92	0.23	118	1621	1254.4	0.102

Q=Lt/seg.      V= m/seg.      H= m      P= watt      L= m      D= m

XII. COMPARACION DE COSTOS ENTRE LA ALTERNATIVA PEQUEÑAS MICROCENTRALES HIDROELECTRICAS Y REDES AEREAS

En el inventario de los caseríos sin electrificar se tiene:

Porcentaje de Caseríos	Costo Inversión Inicial (Bs.) / Viviendas
90,6 %	Mayor a 9.000. Bs.
77,7 %	Mayor a 15.000. Bs.
62,3 %	Mayor a 20.000. Bs.
44,7 %	Mayor a 25.000. Bs.
31,8 %	Mayor a 30.000. Bs.
18,8 %	Mayor a 35.000. Bs.
17,7 %	Mayor a 40.000. Bs.
14,12 %	Mayor a 45.000. Bs.
8,24 %	Mayor a 50.000. Bs.

*y la Termoelectricidad*  
**COMBUSTIBLE**

Mientras que el costo de Inversión Inicial (Bs.) por vivienda de las pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas en los Sistemas de Riego es de 8.631,70, lo cual evidencia que esta alternativa económicamente es más conveniente, que instalar líneas y redes en aquellos caseríos donde exista un Sistema de Riego o sea posible instalarlo y no cuente con servicio eléctrico, tomando en consideración que el costo del Sistema de Riego es aportado por Corpoandes.

POSIBLES SECTORES DE INSTALACION DE PEQUEÑAS MICROCENTRALES HIDROELECTRICAS

La Corporación de los Andes tiene instalados Sistemas de Riego en diferentes Caseríos de los Distritos del Estado Trujillo, como también posee recursos económicos y proyectos para la construcción e instalación de nuevos riegos.

Dentro de las comunidades que están dotadas de los Sistemas de Riego, existen un gran número que no tiene servicio eléctrico, que de llegarse a implementar las pequeñas microcentrales hidroeléctricas se beneficiarían un gran número de agricultores que habitan en esas comunidades.

A continuación mencionamos un listado por Distritos de los sectores del Estado con sistema de riego y que no tiene energía eléctrica:

DISTRITO TRUJILLO

Páramo de Ortiz  
La Cristalina  
Los Cienegos

DISTRITO URDANETA

Estiguete  
Momoy  
Marta

DISTRITO BOCONO

Mesa Adentro-El Limón  
Las Travesías  
Pta. de Páramo

TABLA DE COSTO DE EQUIPO (GENERADOR, TURBINA, REGULADOR) DE ACUERDO A LA POTENCIA A GENERAR Y DESNIVEL DEL TERRENO.						TABLA DE COSTO DE EQUIPO (GENERADOR, TURBINA, REGULADOR) DE ACUERDO AL CAUDAL		
POTENCIA DESNIVEL	2	2.5	3	4	5	PUNTO	CAUDAL	COSTO (\$)
30	1352	1580,6	1795,7	2193,3	2567,7	A1	2.88	577,5
62	813,4	950,9	1080,3	1321,3	1544,7	A2	8.64	1246,1
93	612,4	716	813,4	994,8	1163,0	A3	8.64	1246,1
119	515,3	602,4	684,5	837,1	978,7	A4	1,92	434,8
80	738,3	738,3	838,8	1025,9	1199,4	A5	3.84	706,3
75	712	832,3	945,6	1156,5	1352	A6	2.88	577,5
85	652,2	762,4	866,2	1059,5	1238,6	A7	2.88	577,5
48	972,9	1137	1229,3	1580,6	1847,8	B1	2.88	577,5
36	1190	1391,2	1580,6	1933,2	2260	C1	24.96	2.618,5
98	590,3	690,2	784,1	959,1	1121,1	C2	9.1	1341,4
101	578	675,7	767,7	938,98	1097,7	C3	7.68	1147,4
91	621,8	726,9	825,8	1010,4	1180,8	C4	5.76	938,2
118	518,4	606	688,5	842,1	984,5	C5	1.92	434,8
OBRAS CIVILES:						COSTOS EN DOLARES U.S.A.		
(1) BASE DE CONCRETO 0.5m x 3								
(2) VALVULA REGULADORA DE CAUDAL 2"								
(3) ACOPLER MINICENTRAL A LA TUBERIA DE RIEGO								
(4) TUBERIA DE DESCARGA 6m - 3"								

Capellania

Los Chaos

Esdora

Sosó

La Manga

Tosnoja de Campos.

Quencas

Las Rosas

Marajabá

El Corozo

Hato Arriba

Pereira

### XIII. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Como la Topografía, la Hidrología y otras condiciones de los ríos son diferentes en cada caso, los diseños estandarizados para el aprovechamientos hidroeléctrico solo pueden aplicarse dentro de ciertos límites y condiciones, a causa de que los parámetros naturales de la región para un diseño típico deben ser similares a los asumidos en la elaboración de ese diseño.

El caso específico tratado en este trabajo es la posibilidad de incorporar a los Sistemas de Riego de la Corporación de los Andes en las Zonas Altas del Estado Trujillo de Pequeñas Microcentrales Hidroeléctricas tomando en consideración que los parámetros antes mencionados en cuanto a topografía, hidrología y condiciones naturales de los ríos o quebradas no variarían, por lo cual, el diseño se consideraría tipo para todos los Sistemas de Riego hasta ahora instalados.

El criterio principal para la aplicación de los Diseños de Pequeñas Microcentrales incorporadas a los Sistemas de Riegos de Corpoandes es el ofrecer una solución económica y a la vez segura, en cuanto a que en ese tipo de generación hidroeléctrica no se presentarían los diferentes problemas de los grandes aprovechamientos hidroeléctricos.

La inquietud nace de la gran cantidad de comunidades y caseríos del Estado Trujillo distantes de los terminales de líneas de distribución de alta tensión de CADAFE-- y que posee fuentes de agua con caudales permanentes durante todo el año.

Cabe destacar, que la Corporación de los Andes tiene incluido en la Programación de Sistemas de Riego de los Valles Altos una serie de comunidades que no poseen el Servicio Eléctrico y que por la topografía del terreno y la distancia a los centros electrificados sería difícil por parte de CADAFE electrificar esos sectores. Una alternativa de brindarles el servicio eléctrico a esas comunidades sería implementando las Pequeñas Microcentrales incorporadas a los Sistemas de Riego.

La necesidad de dotar de energía eléctrica al medio rural es de impulsar el desarrollo de esas zonas, porque con ello se contribuiría a elevar la productividad y generar mejores condiciones de vida al campesino de los Andes Venezolanos.

Debería de promoverse a nivel de Gobierno las acciones necesarias para la implementación sistemática en número creciente de las Pequeñas Microcentrales en los Sistemas de Riego en las Zonas Altas de Los Andes, comenzando con cualquier comunidad que tenga el riego y que sirva como prototipo para las futuras instalaciones.

REFERENCIAS:

- 1) CADAFE - La Electricidad y las Pequeñas Instalaciones Hidroeléctricas.  
Elaborado por Consogri 1983. —
- 2) Francisco Racedo L. . Alfredo A. de León CIDIAT (para el Ministerio del Ambiente). Viabilidad de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en la Región - Andina Venezolana. Editado por CIDIAT. Mérida 1983.
- 4) Manuel Polo Encinas - Turbomaquinas Hidraulicas  
Editorial Limusa Segunda Edición, México 1980
- 5) Miguel Mata Minicentrales Hidroeléctricas —  
Editada por Edelca 1981
- 6) Olade Minicentrales Hidroeléctricas - Editado por Olade Ecuador 1981 ✓
- 3) José L. Martínez. Pequeñas Plantas Hidroeléctricas y sus aplicaciones en el Sistema eléctrico nacional  
III Jornadas Nacionales Potencia Tomo II Maracaibo 1982.
- 7) Información suministrada por Gerencia de Planificación de Energía CADAFE.
- 8) Trabajos realizados por Corpoandes. Sistema de Riego Valles Altos -Edo. Trujillo.

AUTORES

- (1) ALLER , JOSE MANUEL  
Universidad Simón Bolívar, Año 80  
Profesor Universidad Simón Bolívar
- (2) FEBRES PACHECO, ROMULO  
Universidad del Zulia, Año 79  
CADAFE, Jefe Departamento de Planificación y Desarrollo - Zona Trujillo
- (3) LABRADOR SARCOO, JAIRO E.  
Universidad de Los Andes, Año 79  
CADAFE, Ingeniero del Depto. de Obras Occidente -Grcia. de Electrificación

(4) TOGNETTI ZANELLA, ANGEL D.

Universidad de Los Andes, Año 81

CADAFE, Ingeniero Adjunto al Jefe de Depto. de Planificación y Desarrollo  
Zona Trujillo.