

# PRE FACTIBILIDAD DE INSTALACION DE CENTRAL DUAL EOLICA Y DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR

**Ing. Raúl Paredes Rosario, MSC**

Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, rpr@upnorte.edu.pe

**Ing. Marcos Baca López, MSC**

Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, mbl@upnorte.edu.pe

## RESUMEN

En la región La Libertad – Perú, debido al actual proceso de industrialización, nuevas plantas se han establecido: de manufactura en la costa y mineras en la región montañosa; ello ha motivado a que el faltante de agua y el déficit de energía eléctrica sean dos problemas importantes por resolver.

El presente estudio de pre factibilidad de Instalación de Central Dual Eólica y Desalinizadora de Agua de Mar, podría tener las siguientes capacidades:

1. Generar energía eléctrica, generado por el viento: 5 Mw
2. Agua de mar desalinizada para irrigación, con proceso de ósmosis inversa: 200 m<sup>3</sup>/h.

La estación eólica estaría instalada en la costa, cerca al mar, en el Puerto de Salaverry, luego, de acuerdo a las mediciones realizadas por el Ministerio de Energía y Minas del Perú la velocidad del viento, es mayor a 7 m/s, a 15 metros de altura, alcanzando su máxima velocidad de 9 m/s a partir de las 6pm.

La planta desalinizadora tendría una capacidad mayor a 200 m<sup>3</sup>/h en la primera etapa, y será capaz de llegar 500 m<sup>3</sup>/h en la etapa final.

La cantidad de agua obtenida podría ser usada en trabajos de irrigación en las zonas desérticas cercanas, permitiendo la recuperación de aproximadamente 2000 a 2500 Has, que pueden habilitadas para la siembra en un periodo de uno a dos años, después haber entrado en funcionamiento la central dual.

**Palabras claves:** Electricidad, Energía, Abastecimiento, agua, crecimiento.

## ABSTRACT

In the region La Libertad - Peru, due to the process new plants have settled: manufacturing and miners; that's why the lack of water and the deficit of electrical energy becomes more important.

The present study would have the following capacities:

1. Generation of electrical energy, with wind power generators: 5 Mw
2. Sea water desalinated for irrigation, with inverse - osmosis process: 200 m<sup>3</sup>/h

The wind power station will be installed on the coast, near the sea, in the Salaverry port, according to actions taken by the Energy and Mines Ministry – Peru, have speeds of the wind greater than 7 m/s to 15 meters height, reaching the speeds rather than 9 m/s from 6 pm.

The sea water desalination plant will have a capacity up to 200 m<sup>3</sup> /h in the first stage

The quality of obtained water will allow to be used in irrigation works of the nearest desert zones, allowing its recovery in an amount from approximately 2500 Has, those that will be adequated for the growth within the period of one and two years, after being put in service the dual power center.

Statement of relevance: Dual Wind Power and Desalination of Sea Water Center.

Main Objective: Electrical Energy Supplying and Water for the growth.  
 Scope of the work: Salaverry population and surrounding population.  
 Most significant finding: Supplying electrical energy deficit and adequate deseert zones for the growth.  
**Keywords:** Electrical, Energy, Supplying, Water, Growth

## INTRODUCCION

El aprovechamiento de diferentes fuentes renovables de energía constituye una de las opciones más utilizadas para el abastecimiento de energía eléctrica en todo el mundo. Dentro de las diversas fuentes que existen disponibles la energía eólica[1] constituye en la mayoría de situaciones la opción más rentable y competitiva con las diferentes fuentes convencionales de energía.

En todo el mundo, muchas empresas públicas y privadas se dedican el desarrollo de sus actividades de planeamiento y expansión de infraestructura en base al aprovechamiento de la energía eólica.

El uso que se le da es mediante su incorporación a los grandes sistemas eléctricos – en los sistemas interconectados – y a través del desarrollo de proyectos de electrificación rural, diversificando las opciones de acuerdo a las políticas y compromisos mundiales de generación de energía mediante el aprovechamiento de sistemas que sean amigables con el medio ambiente.

En el caso peruano y específicamente ADINELSA, contamos con dos proyectos pilotos: Malabrigo y Marcona que, desde su instalación y operación, han provisto de información óptima, útil para el desarrollo de nuevos proyectos de generación eléctrica con viento de mayor envergadura.

En el presente documento se presenta la descripción de los proyectos piloto de Malabrigo de 250 kW y San Juan de Marcona de 450 kW que permita conocer las características generales de esta alternativa de generación y los aspectos más relevantes y propuesta de dos primeros bosques eólicos.

## EVALUACIÓN TECNICA- ECONOMICA DE LOS PROYECTOS PILOTO

El comportamiento de cada una de las máquinas durante el periodo de funcionamiento es el siguiente:

- Central Eólica Malabrigo de 250 kW fabricada en Dinamarca, marca MICON, desde el año 1996, opera en forma estable.
- Central Eólica San Juan de Marcona de 450 kW fabricada en el Japón, marca MITSUBISHI, desde el año 1999 viene operando en forma inestable, presentando fallas de funcionamiento.

### 3.1 Generación de energía eléctrica en las centrales eólicas

Los resultados de generación de energía eléctrica y horas de funcionamiento obtenidos a la fecha de la elaboración del presente documento, se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 1: Generación de Energía

	Horas de funcionamiento acumuladas (Horas)	Energía acumulada a mayo del 2004 (kWh)	Energía promedio mensual (kWh)
Central Eólica Malabrigo	57,907	4'509,683	48,320
Central Eólica San Juan de Marcona	14,040	3'445,850	110,175

Malabrigo: La energía eléctrica generada por la Central Eólica es entregada a la sub estación de Malabrigo en barras de 10 kV de propiedad de Hidrandina S.A. el promedio de generación de energía mensual durante los 7 años es de 48,320.0 kWh. La energía acumulada a mayo 2004 es de 4`509,683.0 kWh con 57,907 horas de funcionamiento.

San Juan de Marcona: Similar al anterior se entrega energía a través de la línea de 34.5 kV, de propiedad de Shougang-Hierro Perú. La generación de energía promedio mensual es de 110,175.0 kWh. La energía acumulada a mayo 2004 (la turbina se encuentra detenida desde junio 2003) es de 3`445,850 kWh con 14,040 horas de funcionamiento.

### 3.2 Factor de Capacidad (FC)<sup>2</sup>

Los registros acumulados desde la fecha de funcionamiento de las máquinas han dado los siguientes resultados del FC:

Malabrigo : 35 %

San Juan de Marcona : 39 %

En Europa (Alemania) las instalaciones promedio evaluadas tienen un Factor de Capacidad de 21 %.<sup>3</sup> , lo que hace que las instalaciones peruanas estén en mejores condiciones técnicas, por lo tanto económicas que las instalaciones europeas.

<sup>2</sup>Factor de Capacidad FC, representa el porcentaje de energía producida en un año.  
<sup>3</sup>Greenpeace-Campaña de Energía-Junio 2001.

### 3.3 Características Técnicas de los Proyectos Pilotos

La Tabla N° 2 nos muestra el resumen de las características técnicas de las dos centrales eólicas, para mayor información referirse a los anexos 1 y 2.

Tabla 2: Características Técnicas

	MARCONA	MALABRIGO
Sistema	"Grid conection"	"Grid conection"
Potencia	450 kW	250 kW
Numero de aspas	3	3
díametro de las aspas	39 m.	28 m.
Potencia del generador	450 kW	250 kW/50 kW
Altura de la torre	40 m.	30 m.
Transformador elevador	562.5 kVA	312 kVA
Peso total (turbina y torre)	50 Tn	28 Tn
Monitoreo a distancia	Si	Si
Procedencia de las maquinas	Japón (MITSUBISHI)	Dinamarca (MICON)

### 3.4 Costos Iniciales de las Centrales Piloto

Los costos de la Tabla siguiente son los resultados del proceso de adquisición lleve en mano por el PNUD (libres de impuestos e IGV).

Tabla 3: Costos Iniciales

1. Central Eólica Malabrigo 250 kW	US\$ 432, 838
Costo unitario US\$/kW	1 731
2. Central Eólica Marcona 450 kW	US\$ 569, 868
Costo unitario US\$/kW	1 266

### 3.5 Evaluación Económica de los Proyectos Piloto

En los últimos 5 años (1999-2003), ambas Centrales Eólicas han reportado los siguientes resultados económicos y homologados al año 1999:

En las siguientes tablas se ha determinado los ingresos por la facturación de la energía entregada en barras de San Nicolás en Marcona y en las barras de Malabrigo; en el caso de Marcona, en el periodo de evaluación presenta un déficit de S/. 314,588.26, debido que desde el año 2002, Electroperú S.A. resolvió el Convenio con ADINELSA sobre la comercialización de la energía, y en el flujo económico resultó negativo por los gastos de mantenimiento.

Referente a Malabrigo, resulta igualmente con un déficit de S/. 109,989.71.

Los costos de operación y mantenimiento relativamente altos además incluye gastos de seguros, depreciación y otros gastos administrativos.

#### Central Eólica San Juan de Marcona

	1999	2000	2001	2002	2003	TOTAL
1.-Producción de Energía (kWh)	0	802,056.56	1,364,026.80	1,280,166.54	0	3,446,850.00
2.-Ingresos por Generación (S/.)	0	102,665.87	178,416.76	0	0	281,072.63
3.-Costos de Operación y Mantenimiento (S/.)	0	91,863.55	178,125.82	129,250.23	196,421.49	595,660.89
4.-Ingreso Neto a ADINELSA (2-3) (S/.)	0	10,792.32	291.14	(129,250.23)	196,421.49	(314,588.26)

#### Central Eólica Malabrigo

	1999	2000	2001	2002	2003	TOTAL
1.-Producción de Energía (kWh)	606,276.00	537,444.00	572,793.00	473,048.60	686,623.00	2,876,184.60
2.-Ingresos por Generación (S/.)	39,633.16	49,352.32	57,968.44	25,950.33	48,310.44	221,214.69
3.-Costos de Operación y Mantenimiento (S/.)	0	66,668.73	70,686.23	121,633.69	72,215.75	331,204.40

4.-Ingreso Neto a ADINELSA (2-3) (S/.)	39,633.16	(17,316.41)	(12,717.79)	(95,683.36)	(23,905.31)	(109,989.71)
--	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------

La siguiente tabla muestra la información registrada de los costos de la infraestructura eléctrica, resultados promedios de generación de energía eléctrica y los costos de operación y mantenimiento.

Tabla 4: Costos de inversión, Energía y Operación y Mantenimiento

		MALABRIGO	MARCONA
Costo de la Central Eólica	US\$	432,838	569,868
Costo Unitario	US\$/ kW	1,731	1,266
Energía producida promedio mensual	MWh	48,3	110.2
Costo de O & M <sup>4</sup>	Cent US\$/kWh	3.34	5.0

Los parámetros asumidos para la evaluación económica son las siguientes:

- Tarifa en barra en subestaciones base de Trujillo Norte y Marcona promedio 11 centavos de Sol por kWh).
- Inversión del proyecto (transporte, montaje y puesta en operación).
- Energía real de salida del generador.
- Vida útil de 20 años.
- Tasa de descuento de 12 %.
- Tasa de interés durante la construcción 8%.
- Factor de Capacidad de la central de acuerdo a los datos históricos.
- Horas de funcionamiento anual promedio .

<sup>4</sup>Costos de Operación y Mantenimiento (O&M), relativamente alto por ser proyecto piloto (una unidad por Central), representan el 4% de la inversión en el caso de Malabrigo y 8% para Marcona, en bosque los costos disminuyen.

Para el análisis del Valor Actual Neto (VAN) se han utilizado tres escenarios.

*Escenario 1.-* Asumiendo la inversión inicial hecha en el proyecto y realizando el análisis para los 20 años de vida del proyecto.

*Escenario 2.-* Asumiendo que los aerogeneradores ya vienen trabajando por mas de 6 años, por lo que es necesario asumir la depreciación resultado de su uso.

*Escenario 3.-* Asumiendo a los equipos como un costo hundido, es decir asignando un valor de los equipos igual a cero.

Tabla 5: Análisis de Escenarios para cálculo de VAN

		Marcona 450 kW	Malabrigo 250 kW
Escenario 1	VAN asumiendo costo total de los equipos	-661,870	-411,940
Escenario 2	VAN asumiendo depreciación de los	-387,690	-224,980

	equipos		
Escenario 3	VAN asumiendo costo del los equipos iguales a cero <sup>5</sup>	-8,210	18,050

<sup>5</sup>Muestra el flujo de caja positivo en el caso de Malabrigo, Marcona es negativo por que no se comercializa aún.

Como se puede apreciar los resultados hallados demuestran que ambos proyectos no son rentables económicamente. Estos resultados se deben por que los proyectos son piloto y los costos de operación y mantenimiento en el cual se incluye seguros y depreciación y otros son elevados que se carga a un solo equipo. Además las tarifas actuales en barra son bajas con relación al trato que se da en otros países a la energía eólica, debido a la falta de mecanismos legales que promuevan la inversión en estas tecnologías

Para el caso particular de estos proyectos piloto, se puede asumir el costo de inversión, como una inversión hundida ya que ADINELSA administra la infraestructura eléctrica con su rol subsidiario, en este caso la evaluación económica nos devuelve valores del VAN positivo para el caso de Malabrigo, es decir, que el flujo de caja es positivo.

### 3.6 Costos de Generación

Los costos de generación han sido evaluados tomando en consideración los resultados de la generación de energía mediante el procesamiento de datos de las Centrales Eólicas así como la evaluación anemológica con la información efectuada antes de su instalación y los datos considerados en el acápite 3.5.

La estimación del costo de generación se efectuará utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de Generación} = (\text{CCA} + \text{C O\&M}) / (\text{FC} \cdot \text{H}) = [\text{US\$ /kWh}]$$

Donde: CCA : Costo de capital anualizado en US\$/kW

C O&M : Costo de Operación y Mantenimiento en US\$/kW

FC : Factor de capacidad de la turbina en %

H : Horas de funcionamiento promedio anual del generador

A la fecha no contamos con tarifas definidas para las energías renovables no convencionales, no se cuenta con un marco legal; sin embargo, en la evaluación económica se ha considerado tarifas vigentes en barras, además no se ha considerado los ingresos por no contaminar el medio ambiente (negocio del carbono) y otros beneficios que le corresponden a este tipo de fuentes renovables.

Los resultados encontrados son los siguientes:

Tabla 9: Costo de Generación de Energía

	Marcona 450 kW	Malabrigo 250 kW
Costo de Generación en cUS\$/kWh	10.64	13.0
Costo de Generación en cS./kWh	36.0	44.0

Los costos de generación en soles, varían entre 36.0 y 44.0 centavos de S/kWh y los costos de las tarifas en barras son de 11.0 centavos de S/kWh en promedio, razón por la cual los cálculos económicos salen negativos. Los costos de generación resultan ser elevados, las razones se deben a lo siguiente:

- La inversión inicial es relativamente alta, de acuerdo al precio de las máquinas de distintas tecnologías, los costos de instalación nominal es de 1266US\$/kW (Marcona) y de 1731US\$/kW (Malabrigo), los

costos de operación y mantenimiento, depreciación, seguros, etc, son mayores comparados con un bosque eólico, por economía de escala.

- La presente evaluación económica tiene una desventaja, no está considerado los beneficios tales como los ingresos por CO<sub>2</sub> evitado (negocio del carbono) y otros incentivos, los cuales aún no están implementados en el País debido que, no existe un marco legal para ellos, y como consecuencia no se han considerado en la presente evaluación económica de los proyectos piloto.
- En la actualidad por economía de escala, los bosques eólicos de mediana potencia se encuentran en el rango de 900 a 1000 US\$/kW.y los costos de generación varían entre 3 a 5 cUS\$/kWh.
- Los costos de mantenimiento electromecánico y para combatir la corrosión, se encarece debido que el programa de mantenimiento se efectúa para una máquina y no para un conjunto, que bajaría el costo relativo, de acuerdo a los datos históricos obtenidos, los costos por operación y mantenimiento de nuestros proyectos piloto, representan el 4%(Malabrigo)<sup>3</sup> y 8% (Marcona) de la inversión. Los costos aproximados que se maneja internacionalmente referente a la operación y mantenimiento se encuentra dentro del rango del 2 % de la inversión de la infraestructura de los bosques eólicos.

<sup>3</sup> Los resultados de los costos de operación y mantenimiento de la Centrales Piloto son elevados.

#### 4. PROYECCIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS PILOTO PARA EL PERIODO 2004 - 2008

Diagnóstico de gastos de operación y mantenimiento de las Centrales Eólicas en el periodo del 2004 al 2008.

Los ingresos por concepto de venta de energía eléctrica durante los siguientes 5 años proyectados a partir del año 2004, cuyos resultados se muestran en las tablas 6 , 7 y 8.

Tabla 6. El periodo 2004-2008 se estima un déficit de S/. 55,375.25, esta cifra proyectada se ha obtenido de acuerdo a los datos históricos, se ha considerado los gastos por mantenimiento correctivo y tratamiento anticorrosivo a cargo de ADINELSA, seguros, depreciación, operación y mantenimiento preventivo a cargo de Hidrandina S.A. Se espera un mantenimiento mayor o cambio de equipos en los años 2010 o 2011.

Los siguientes escenarios presenta dos alternativas, el primero referente la Central Eólica de Marcona sin funcionamiento (Tabla 7) y la Central en operación (Tabla 8); se presenta ambos escenarios a fin de contar con un amplio panorama de las condiciones actuales a fin de proceder al reinicio de las operaciones comerciales.

Tabla 7. Representa la Central Eólica en reserva pero con un mínimo de mantenimiento necesario seguros y depreciación, se observa un escenario, mediante el cual, ya no debería invertirse para poner en funcionamiento la Central Eólica; sin embargo, no es recomendable abandonar estas instalaciones de propiedad de ADINELSA, por lo que, es necesario efectuar mantenimiento básico, es decir, vigilancia, revisión del giro de las aspas, lubricación mantenimiento de la línea de interconexión eléctrica de 34.5 kV y mantenimiento anticorrosivo en el periodo 2004-2008 por estas labores se estima un costo de S/.567,709.00.

Tabla 8. Representa el esfuerzo de comercializar la energía efectuando los ajustes necesarios en el sistema electrónico de control y mando pendiente el cual se efectuará antes de finalizar el año 2004, el costo por mantenimiento preventivo, seguros, depreciación, vigilancia, totalizando un costo de S/.87,709.0.

El periodo 2004-2008 de la Tabla 8, se estima un ingreso neto a favor de ADINELSA de S/. 14,013.59, esta cifra proyectada se ha obtenido de acuerdo a los datos históricos de operación, se ha considerado los gastos por vigilancia, mantenimiento correctivo y tratamiento anticorrosivo a cargo de ADINELSA.

Referente a la comercialización de la energía, se ha efectuado conversaciones preliminares con el Municipio de San Juan de Marcona para este fin, a través de la red eléctrica de la empresa Shougesa, en cuanto se de las

condiciones de concretar la venta de la energía.

Tabla 6: Proyecciones Económicas de la Central de Malabrigo

	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
1.-Producción de Energía (kWh)	500,000	579,836	579,836	579,836	579,836	2,819,343.0
2.-Ingresos por Generación (S/.)	55,000.0	63,782.0	63,782.0	63,782.0	63,782.0	310,128.0
3.-Costos de Operación y Mantenimiento (S/.)	73,485.0	73,000.0	73,000.0	73,000.0	73,000.0	365,485.5
4.-Ingreso neto a ADINELSA	-18,485.0	-9,218.0	-9,218.0	-9,218.0	-9,218.0	-55,357.25

Tabla 7: Proyecciones Económicas de la Central de Marcona sin funcionar

	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
1.-Producción de Energía (kWh) <sup>6</sup>	0	0	0	0	0	0
2.-Ingresos por Generación (S/.)	0	0	0	0	0	0
3.-Costos de Operación y Mantenimiento (S/.)	87,709	120,000	120,000	120,000	120,000	567,709
4.-Ingreso neto a ADINELSA	-120,000	-120,000	-120,000	-120,000	-120,000	-567,709

Tabla 8: Proyecciones Económicas de la Central de Marcona en funcionamiento

	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
1.-Producción de Energía (kWh) <sup>7</sup>	0	1322,097	1322,097	1322,097	1322,097	5,288,387
2.-Ingresos por Generación (S/.)	0	145,430	145,430	145,430	145,430	581,723
3.-Costos de Operación y Mantenimiento (S/.)	87,709	120,000	120,000	120,000	120,000	567,709
4.-Ingreso neto a ADINELSA	-87709	25430.6	25430.6	25430.6	25430.6	14,013.59

<sup>6</sup>Escenario de la Central sin operar.

<sup>7</sup>A la fecha no está generando energía eléctrica, las cifras son las proyecciones promedio de la energía que generó la Central desde 1999 y que puede cumplir en condiciones normales.

## 5. POSIBILIDAD DE FUTUROS BOSQUES EÓLICOS



Bosque Eólico en Malabrigo y San Juan de Marcota, se cuenta que las potencias aproximadas serían para Malabrigo de 30 MW con una extensión de terreno de 413 Ha transferidas por el Proyecto Chavimochic y San Juan de Marcona 100 MW con una extensión de 1200 Ha, aún no saneadas.

Resultados del Potencial de los Bosques Eólicos Los resultados obtenidos de los parámetros de los bosques eólicos fue en base a la data de los registros de viento en ambas Centrales, además, se ha tomado como referencia de cálculo, un aerogenerador de 750 kW, cuya potencia se encuentra dentro del rango comercial, obteniéndose los

siguientes resultados:

Tabla 10: Posibilidad de futuros Bosques Eolicos

	MALABRIGO	MARCONA
Potencia instalada	30 MW	100MW
Periodo de evaluación anemológica	7 años	5 años
Velocidad media a 55 m (proyectada)	10.31 m/s	10.88 m/s
Número de aerogeneradores	40 unidades	133 unidades
Energía máxima extraíble del viento	318 GWh	1327 GWh
Energía real de salida	108.35GWh	375.76 GWh
Costo estimado del bosque eólico	37 000 000.0 US\$	107 000 000,0 US\$
Costo unitario	1 233,0 US\$/Kw	1 070,0 us\$/Kw
Costo de Generación	4.2 cUS\$/kWh (14.4cS./kWh)	3.5 cUS\$/kWh (12.0cS./kWh)

De ejecutarse estos proyectos bajo las condiciones actuales de Mercado se obtendrían ingresos adicionales por la reducción de emisiones de Dióxido de Carbono (CO2) a la atmósfera, estos ingresos a los precios actuales del mercado hacen que los proyectos sean más atractivos. Los ingresos por reducción de emisiones por cada proyecto se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 11: Ingresos por venta de CO2

	MALABRIGO	MARCONA
Reducción de Emisiones de CO2, en toneladas	61,763	214,188
Precio de US\$7/ton CO2	US\$ 432,336	US\$ 1'499,319
Precio de US\$10 /ton CO2	US\$ 617,629	US\$ 2'141,885

Sin embargo a pesar de los posibles ingresos por el mercado de carbono, la rentabilidad de los proyectos aun es baja. Para que los proyectos sean rentables se necesitan tarifas superiores a las actuales. En el caso del bosque eólico de Malabrigo es necesario tener tarifas superiores a los 5,5ctvos US\$/ kWh, para este caso se ha estimado el costo de generación de 4.2 cUS\$/kWh; mientras que un proyecto en Marcona es rentable con tarifas a partir de los 3,5 ctvos US\$/ kWh y el costo de generación se ha calculado en 3.5cUS\$/kWh. Las tarifas por ser mas altas que las actuales existentes en el mercado eléctrico sería consideradas Premium. Sin embargo podrían ser fácilmente alcanzables en condiciones del mercado por la crisis energética.

Tabla 12: VAN para tarifas Premium por energía eólica

	MALABRIGO	MARCONA
Tarifa de 3.5 ctvos US\$/kWh	VAN = - 15,869 (TIR=3%)	VAN = 3,933 (TIR=13%)
Tarifa de 4 0 ctvosUS\$/kWh	VAN = - 11,772 (TIR=5%)	VAN = 18,141 (TIR=15%)
Tarifa de 5,5 ctvosUS\$/kWh	VAN = 518 (TIR=12%)	VAN = 60,764 (TIR=24%)
Tarifa de 6.0 ctvos US\$/kWh	VAN = 4615 (TIR=15%)	VAN = 74,972 (TIR=26%)

Como se ve las tarifas actuales (de alrededor de 3 ctvos US\$/kWh) no hacen viable este tipo de proyectos aun. Por tal motivo es necesario contar con algún incentivo o subsidio que favorezca la inversión en estos proyectos. Es

importante mencionar la experiencia europea que otorga precios superiores a aquellos generadores que produzcan energía con viento, motivo por el cual Alemania posee más de 17,000 MW de potencia instalada en proyectos eólicos y España tenga alrededor de 6000MW.

## 6. CONCLUSIONES

### Sobre la Central Eólica 250 kW Malabrigo

- La Central Eólica Malabrigo ha cumplido con las expectativas de un proyecto piloto y un adecuado funcionamiento debido al mantenimiento preventivo a cargo de Hidrandina S.A. y correctiva a cargo de ADINELSA, la data de la velocidad del viento, promedios acumuladas y parámetros estadísticos registrados a la fecha se consideran confiables, y no tendrán mucha variación en el tiempo, en el punto de medición de la Central.

### Sobre la Central Eólica San Juan 450 kW de Marcona

- La turbina eólica ha cumplido con la expectativa de proyecto piloto, ha presentado algunas deficiencias, debido a la tecnología japonesa (Mitsubishi), distinta a la madurez tecnológica danesa (Micon) de Malabrigo los cuales se vienen superando,. Sin embargo, referente a la data de velocidad del viento, promedios acumulados y parámetros estadísticos registrados, no tendrán relevante variación en el tiempo, por lo que los datos registrados se consideran confiables para los estudios.

### Sobre los registros de Viento

- De acuerdo a los registros efectuados por ADINELSA, se puede concluir que las áreas en donde se encuentran operando las Centrales Eólicas son de gran potencial eólico y es factible lograr factores de carga superiores a 35 % (en Europa el promedio es de 21%).
- Los regimenes de viento registrados en los lugares donde se encuentran emplazados los aerogeneradores, representan un gran potencial eólico del lugar.
- El potencial eólico no aprovechado en Malabrigo es de 30 MW y de San Juan de Marcona de un mínimo de 100 MW.

### Sobre los Bosques Eólicos

El potencial eólico probable no aprovechado en nuestro litoral es de 65,152 MW en un área de 4,654 Km<sup>2</sup>, es decir, un aproximado del 2% del área de cada uno de los departamentos de nuestro litoral, comprende los departamentos de la costa, a excepción del departamento de Lima.

La rentabilidad de los proyectos utilizando la energía eólica en mediana y gran escala, se verá reflejada en cuanto el Estado reglamente los incentivos, sistema tarifario de las energías renovables no convencionales y beneficios a los operadores que quieran invertir; asimismo, se debe considerar ingresos o beneficio por venta de toneladas de CO<sub>2</sub> evitados (negocio del carbono), estas consideraciones están vigentes en otros países dando paso a la competencia con las otras fuentes convencionales.

A nivel internacional, existe un futuro mercado de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y los proyectos eólicos serán beneficiados, los ingresos por este concepto, contribuirá a la rentabilidad de los proyectos. Las condiciones actuales para reducir las emisiones del CO<sub>2</sub>, es la generación de certificados, actualmente los precios varían entre US\$3.0 a US\$ 10.0 por cada tonelada de CO<sub>2</sub> evitados.

Sobre aspectos Generales.

- Otro paso importante será sembrar en la conciencia del país, el hecho de que nuestros recursos energéticos, especialmente en el campo petrolero y gas natural tienen un periodo relativamente corto, aproximado de 20 a 40 años y dependiendo de la política de gobierno; comparado a las fuentes renovables (hidráulica, eólica, solar y biomasa), por lo que el Estado debe priorizar la investigación y aplicación oportuna para el desarrollo de las fuentes de energías renovables y no quedarse en el campo académico sino aplicaciones prácticas a la comunidad. Estamos observando y sintiendo el cambio climático en el Perú y en el mundo debido fundamentalmente a la destrucción de la capa de ozono que constituye un daño irreparable, el ejemplo patético actual, es que muchas centrales hidroeléctricas han disminuido la producción de energía eléctrica por falta de agua iniciándose la crisis energética.
- El paso siguiente que debe darse es sensibilizar a los entes encargados para la aceleración del Marco Legal a fin de abrir paso a muchos inversionistas nacionales y extranjeros interesados en desarrollar y comercializar esta fuente de energía en los bosques eólicos y como añadidura crear nuevas fuentes de trabajo e investigación, así como la transferencia de conocimientos para el desarrollo tecnológico en el Perú.

#### REFERENCIAS

1. E. Gaite Aboy, "La Desalación en España: una necesidad permanente". Ingeniería Química, Junio de 1996.
2. Asociación Internacional de Desalación (IDA), "Worldwide Desalting Plants Inventory". Informes anuales correspondientes a los años 1992 y 1994
3. C. Tamés, "Utilización de aguas saladas en el riego". Inst. Nac. de Inv. Agron. (INIA). Año 1965, Madrid
4. R.S. Ayers y D.W. Westcot, "La Calidad del Agua en la Agricultura". Estudios FAO. Serie Riego y Drenaje, n° 29. Rev. 1. Ed. FAO., Año 1987, Roma.

- ✓ [www.carm.es](http://www.carm.es)
- ✓ [www.fremm.es/asociaciones/aremur.htm](http://www.fremm.es/asociaciones/aremur.htm)
- ✓ [www.idae.es](http://www.idae.es)
- ✓ [www.appa.es](http://www.appa.es)
- ✓ Ciemat: Principios de conversión de la energía eólica. Primera edición. Madrid. Editorial Ciemat. 1995.
- ✓ Le Gourieres: Energía eólica: teoría, concepción y cálculo práctico de las instalaciones. Primera edición. Paris. Editorial Eyrolles. 1983.
- ✓ García Galludo, M.: Energía eólica. Madrid. 1987.
- ✓ [www.winpower.org](http://www.winpower.org)

#### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito*

#### ***Authorization and Disclaimer***

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.