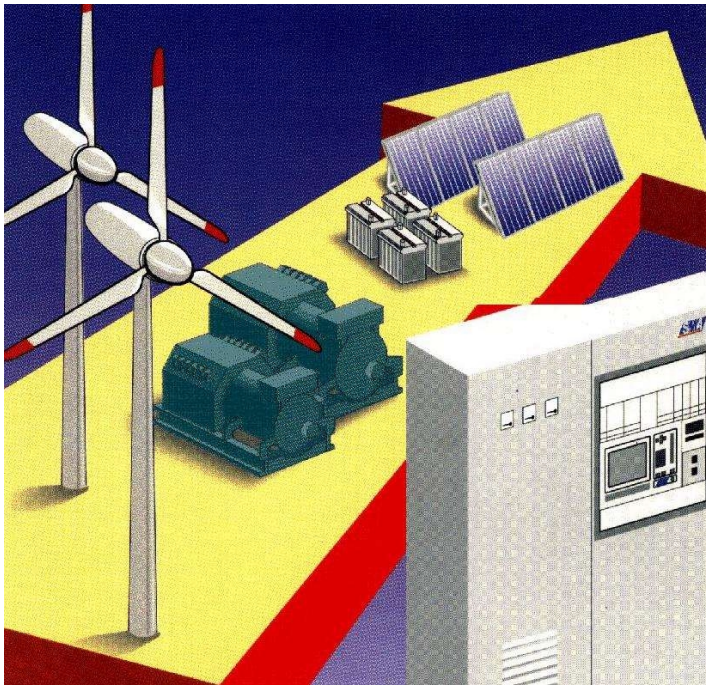
COSTEO PRELIMINAR CONTROL DISTRIBUIDO – ALTERNATIVA EOLICA E30/FL250+7 POZOS BOMBEO (A2a,A2b)

Ing. Rafael Oliva



CONTENIDOS DEL COSTEO PRELIMINAR:

1. Introducción – Decisiones y Alternativas Definidas por MaBeCon

2. Características Sistema ALT A2-a con Enercon E30.

3. Características Sistema ALT A2-b con Furlander FL250

4. Conclusiones preliminares.

1. Introducción – Decisiones y Alternativas Definidas por MaBeCon

1.1. Aprovechamiento de Pozos en Cerro Sombrero / Sara

La decisión de ENAP de explorar la alternativa combinada Diesel-Eolica para Planta Sara, en combinación con 7 (siete) pozos a convertir de gas-lift a suministro eléctrico en zona cercana a Cerro Sombrero, requirió una serie de especificaciones acerca de las carácterísticas de las expansiones de red y cálculos de potencia/energía previos a la simulación (método Montecarlo) en preparación por la consultora MaBeCon.

Tomando información suministrada tanto por ENAP como por MaBeCon sobre las carácterísticas del Sistema en sus alternativas actuales (3 Generadores térmicos Caterpillar, instalación completada en Enero 2004), la expansión con Alternativas eólicas Enercon E30 (300kW) y Fuhrlander 250kW, condujeron a los costeos preliminares y diagramas que presentamos aquí.

1.2. Decisiones generales sobre el tipo de control a utilizar

Luego de los análisis de primera aproximación (Nov.2003) a los problemas de control en el caso específico de la red de Cerro Sombrero, atendiendo el caso de las turbinas eólicas Fuhrländer 250 y Enercon E30, el resultado fueron sistemas con alta penetración eólica pero con un costo excesivo. La alternativa explorada en esta instancia busca una reducción de los costos de Control y Adquisición de Datos, para lograr una potencia de penetración eolica menor (30 a 35%), contribuyendo al reconocimiento de los aspectos tecnológicos y a un ahorro de GN a través del efecto combinado de reducción de Potencia demandada a los Termogeneradores y reemplazo de los sistemas Gas-Lift por bombas de Accionamiento eléctrico.

Las alternativas exploradas en esta instancia, son las de:

a) A1 - Utilizar exclusivamente energía térmica expandiendo la red existente a los pozos seleccionados (2 para Bombas Electrosumergibles 100kW, en Sombrero y Sombrero E., más un conjunto disperso de PCP o electrosumergibles de 15kW, en un radio de aproximadamente 15km maximo, desde Sombrero E, hasta Victoria N y S),
b) A2 - Utilizar la energía térmica con expansión de la red desde C.Sara, pero incorporando A2a) un aerogenerador Enercon E30, ó A2b) un aerogenerador Fuhrlander FL250.
c) B - Utilizacion de Equipos Electrogenos a GN portátiles para los 7 pozos seleccionados.

2. Características Sistema ALT A2-a con Enercon E30.

2.1 Características básicas E30

La firma Enercon (Aurich, Alemania) ha desarrollado una linea de aerogeneradores (E30, E40, E66) que utilizan el concepto *gearless* (sin caja multiplicadora) con generadores síncronos multipolo de velocidad de giro variable y control pitch para regulación de potencia. La interfase con la red se realiza a través de un convertidor a continua (de dos etapas) y un inversor de tecnología IGBT y conmutación rápida (Figura 2.1).

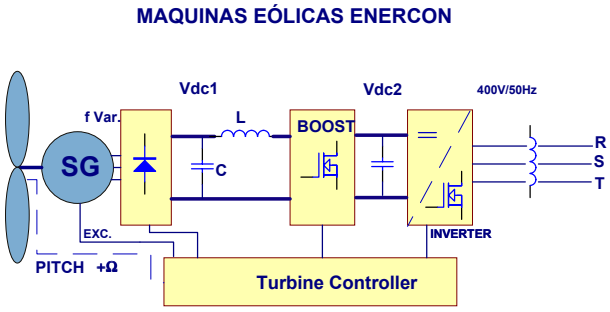


Figura 2.1 Diagrama interno Enercon

El convertidor CC/CC adicional agregado eleva la tensión Vdc1 a un nivel Vdc2 de 400V y lo estabiliza, permitiendo el funcionamiento del convertidor CC/CA. Desde la velocidad de giro de arranque ($\Omega_{cut\text{-}in}$) hasta la velocidad nominal ($\Omega_{nominal}$), la turbina trabaja con las palas en posición de máximo rendimiento, siguiendo una estrategia de control VSCpmax (ver Informe 2003, 1ª Parte, pp. 14) a medida que el viento aumenta. El control central se basa únicamente en mediciones de velocidad de giro y torque para estimar la velocidad de viento. Para vientos mayores, se mantiene la potencia constante modificando el ángulo de las palas, sosteniendo una velocidad de giro próxima a la nominal y un par cercano al máximo. El ángulo de cada una de las palas es modificado en forma individual por un motor de continua integrado a la raíz de la pala (ver Figura 2.2), con su propio controlador y suministro de emergencia. Esto redunda en gran confiabilidad, ya que los controladores en caso de perdida de comunicación con el control central, o de falla, llevan las palas a bandera bajando considerablemente los riesgos. Tres motores conectados en un esquema de piñon y corona llevan a la góndola a la posición frente a la dirección del viento.

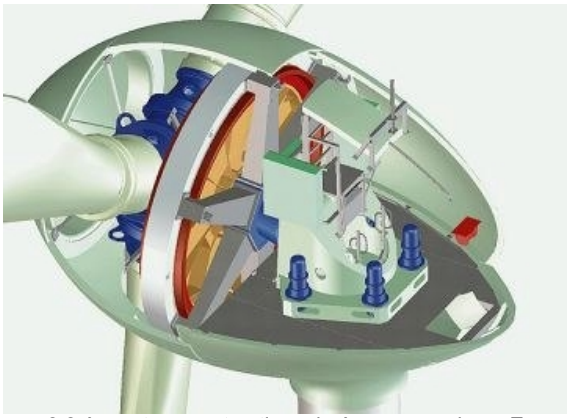


Figura 2.2 Aspectos constructivos de Aerogeneradores Enercon

El generador es del tipo sincrónico multipolo en anillo, con excitación externa, lo cual le permite funcionar con altos rendimientos a muy baja velocidad de rotación, prescindiendo de las costosas cajas multiplicadoras de velocidad.

2.2 Aplicación de Enercon E30 a la alternativa de bombeo eléctrico C. Sara

Las alternativa (A2a) explorada en este punto implica, como se señaló, utilizar la energía térmica con expansión de la red desde C.Sara, pero incorporando un aerogenerador Enercon E30. El Diagrama general de la Instalación puede verse en la Figura 2.3. El mismo combina un grupo de 100kW de cargas estabilizadoras térmicas (se han supuesto cargas térmicas de bajo costo, disponibles cercanamente) y módulos DILC de Econnect (UK), además de un control central con una CPU+DataLogger L&R de bajo costo, módulos de conmutación distribuidos para las Bombas por red RS485 (red industrial #1, a distancias grandes con repetidores RF-UHF), y módulos de Adquisición de P,Q,U,I (Potencia Activa, Reactiva, Tensión y Corriente) con interfase RS485 enlazables en una red industrial#2. Los datos ambientales se restringen a medición de viento (intensidad y dirección) y Temperatura exterior, a través de una unidad Meteo FRONT-END de L&R que se comunica por RS485. Se han supuesto en principio la viabilidad de enlazar también:

a) Controladores CAT y su instrumentación, a través de una Interfase RS485 a #2.
b) Controlador maestro del E30, a traves de RS485.

2.3 Costos Estimación Inicial A2-a, 12-2004:

(A2)a SISTEMA Enercon E30			
Caract.:	1xMáquina E30/ 300kW		
Termicas:	2x280kW+1x400kW		1240
[MWh/kW]	Min	Max	<Promedio>
Energía/año	3258.72	4344.96	3801.8
<P>	372.0	496.0	434.0

Qty	Hardware	u$s/unit	u$s
1	CPU DL1-L&R, con Tarjeta SD Flash 256MB	$3,000.00	$3,000.00
5	Microcontrolador + Llave 15kW/3ph/380VAC (Bombas ch)	$600.00	$3,000.00
2	Microcontrolador + Llave 100kW/3ph/380VAC (Bombas Centr.)	$1,500.00	$3,000.00
11	Modulos 9kW Tracing, tablero compartido, con 3DILC Econnect monofasicos c/u (100kW p/E30)	$780.00	$8,580.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 100kW c/RS485 para DILC	$600.00	$600.00
1	Adaptacion RS485 a ADQP,Q,U,I 300kW del CAT	$400.00	$400.00
2	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 300kW c/RS485 para Aero,Bombas	$1,000.00	$2,000.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 400kW c/RS485 para CargaPueblo	$1,200.00	$1,200.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 200kW c/RS485 para Cargas Sara	$700.00	$700.00
3	Modulos Repetidores RF-RS485 para UHF, Victoria N y S	$800.00	$2,400.00
5	Aisladores Opticos RS485	$140.00	$700.00
1	Meteo/FRONT END RS485 (Incluye Torre 20m, Temp, V,Vdir)	$2,000.00	$2,000.00
1	Tablero Nuevo de Pie para Alojamiento CPU/ Instrumentacion	$800.00	$800.00
1	Cableado de control, RS485, Instalaciones Vs.	$2,000.00	$2,000.00
1	Costos de Ingenieria Detalle de Control y Software	$7,000.00	$7,000.00
Total Sistema de Control para E30/ALT2A			**$37,380.00**

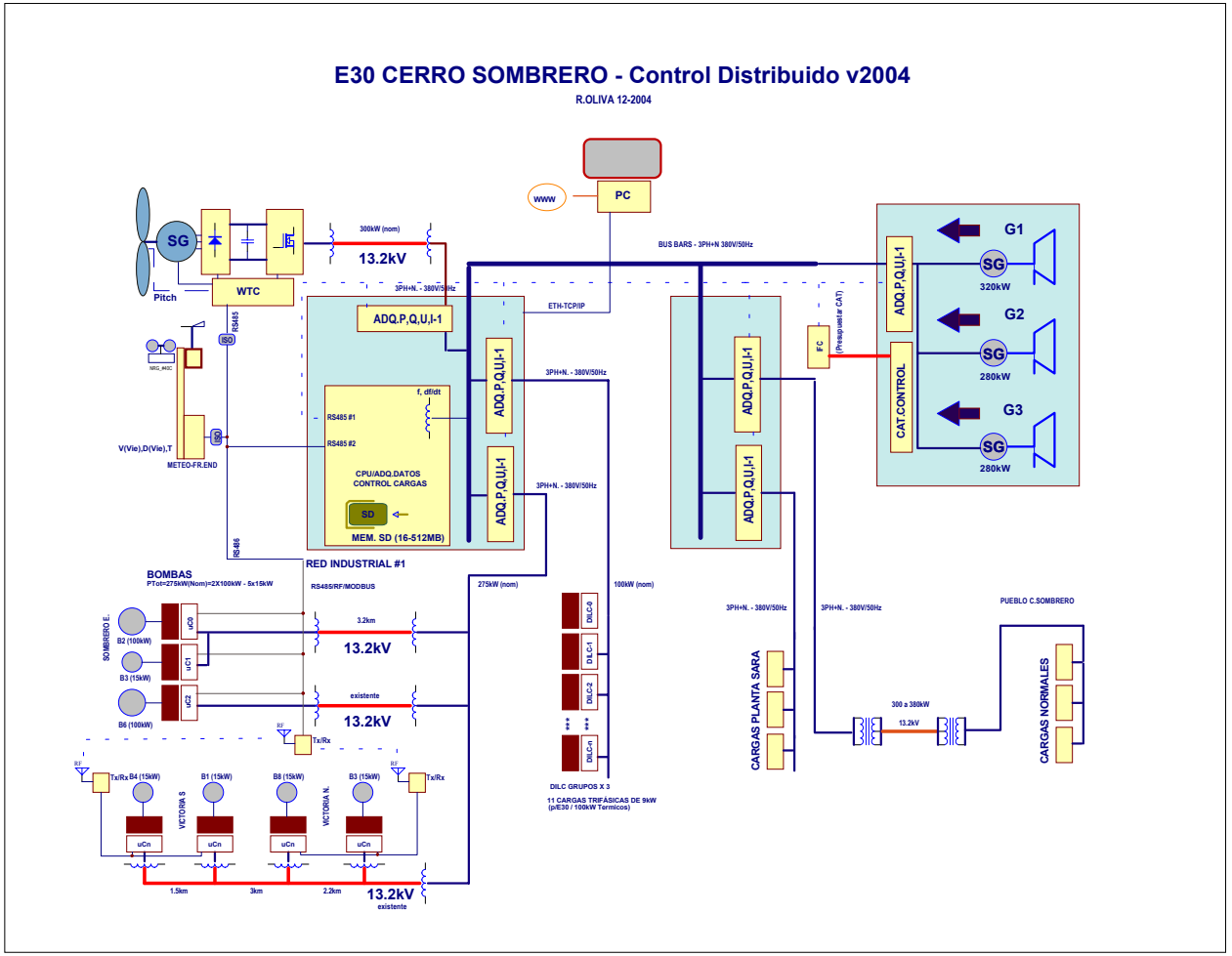


Figura 2.3 Alternativa A2a con E30 y 7 pozos alimentados por eléctrica

3. Características Sistema ALT A2-b con Furlander FL250

3.1 Características del Fuhrlander FL250 en cuanto a control

Las características técnicas sobresalientes, en cuanto a aspectos de control, se resumen a continuación.

Máquina Eólica Fuhrländer 250	
Potencia nominal	50/250kW
Velocidad de viento nominal	15m/s
Regulación de potencia	stall
Diámetro / Nº de palas	29m/ 3
Velocidades de giro (2, fijas)	29 y 38RPM
Tipo de Generador	Asincrónico, polos conmutables
Velocidad de giro del Generador	750 y 1000RPM
Caja multiplicadora	Planetaria de 2 etapas, 1:26
Tensión de salida	400V
Acople a la red	Tiristorizado marca Weier
Freno principal	Puntas de palas (centrífugo)
Freno secundario	De disco
Regulación Azimutal	2 motores,piñon y corona
Computador principal	Standard, de Mita Technik A/S
Alturas de torre	42 ó 50m
Producción de referencia anual	480 / 510MWh año, segun torre
Vel.viento de supervivencia	67m/s
Cantidad de unidades instaladas mundial	37
Fabricante	Fuhrländer AG, Waigandshain, Alemania (www.fuhrlaender.de)

figura 3.1 Máquina Eolica FL250

3.2 Aplicación de Fuhrlander FL250 a la alternativa de bombeo eléctrico C. Sara

Las alternativa (A2b) explorada en este punto implica, como se señaló, utilizar la energía térmica con expansión de la red desde C.Sara, pero incorporando un aerogenerador Fuhrlander FL250. El Diagrama general de la Instalación puede verse en la Figura 3.2. El mismo combina un grupo (mayor, por ser maquina stall) de 200kW de cargas estabilizadoras térmicas (se han supuesto cargas térmicas de bajo costo, disponibles cercanamente) y módulos DILC de Econnect (UK), además de un control central con una CPU+DataLogger L&R de bajo costo, módulos de conmutación distribuidos para las Bombas por red RS485 (red industrial #1, a distancias grandes con repetidores RF-UHF), y módulos de Adquisición de P,Q,U,I (Potencia Activa, Reactiva, Tensión y Corriente) con interfase RS485 enlazables en una red industrial#2. Los datos ambientales se restringen a medición de viento (intensidad y dirección) y Temperatura exterior, a través de una unidad Meteo FRONT-END de L&R que se comunica por RS485. Se han supuesto en principio la viabilidad de enlazar también:

c) Controladores CAT y su instrumentación, a través de una Interfase RS485 a #2.
d) Controlador maestro del FL250 (on-off), a traves de RS485.

3.3 Costos Estimación Inicial A2-b, 12-2004:

(A2)b SISTEMA Fuhrlander 250			
Caract.:	1x Máquina Fuhrlander 250kW		
Termicas:	2x280kW+1x400kW		1240
[MWh/kW]	Min	Max	<Promedio>
Energía/año	3258.72	4344.96	3801.8
<P>	372.0	496.0	434.0

Qty	**Hardware**	**u$s/unit**	**u$s**
1	CPU DL1-L&R, con Tarjeta SD Flash 256MB	$3,000.00	$3,000.00
5	Microcontrolador + Llave 15kW/3ph/380VAC (Bombas ch)	$600.00	$3,000.00
2	Microcontrolador + Llave 100kW/3ph/380VAC (Bombas Centr.)	$1,500.00	$3,000.00
22	Modulos 9kW Tracing, tablero compartido, con 3DILC Econnect monofasicos c/u (200kW p/FL250)	$780.00	$17,160.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 200kW c/RS485 para DILC	$800.00	$800.00
1	Adaptacion RS485 a ADQP,Q,U,I 300kW del CAT	$400.00	$400.00
2	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 300kW c/RS485 para Aero,Bombas	$1,000.00	$2,000.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 400kW c/RS485 para CargaPueblo	$1,200.00	$1,200.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 200kW c/RS485 para Cargas Sara	$700.00	$700.00
3	Modulos Repetidores RF-RS485 para UHF, Victoria N y S	$800.00	$2,400.00
5	Aisladores Opticos RS485	$140.00	$700.00
1	Meteo/FRONT END RS485 (Incluye Torre 20m, Temp, V,Vdir)	$2,000.00	$2,000.00
1	Tablero Nuevo de Pie para Alojamiento CPU/ Instrumentacion	$800.00	$800.00
1	Cableado de control, RS485, Instalaciones Vs.	$2,000.00	$2,000.00
1	Costos de Ingenieria Detalle de Control y Software	$7,000.00	$7,000.00
Total Sistema de Control para F250/ALT2B			**$46,160.00**

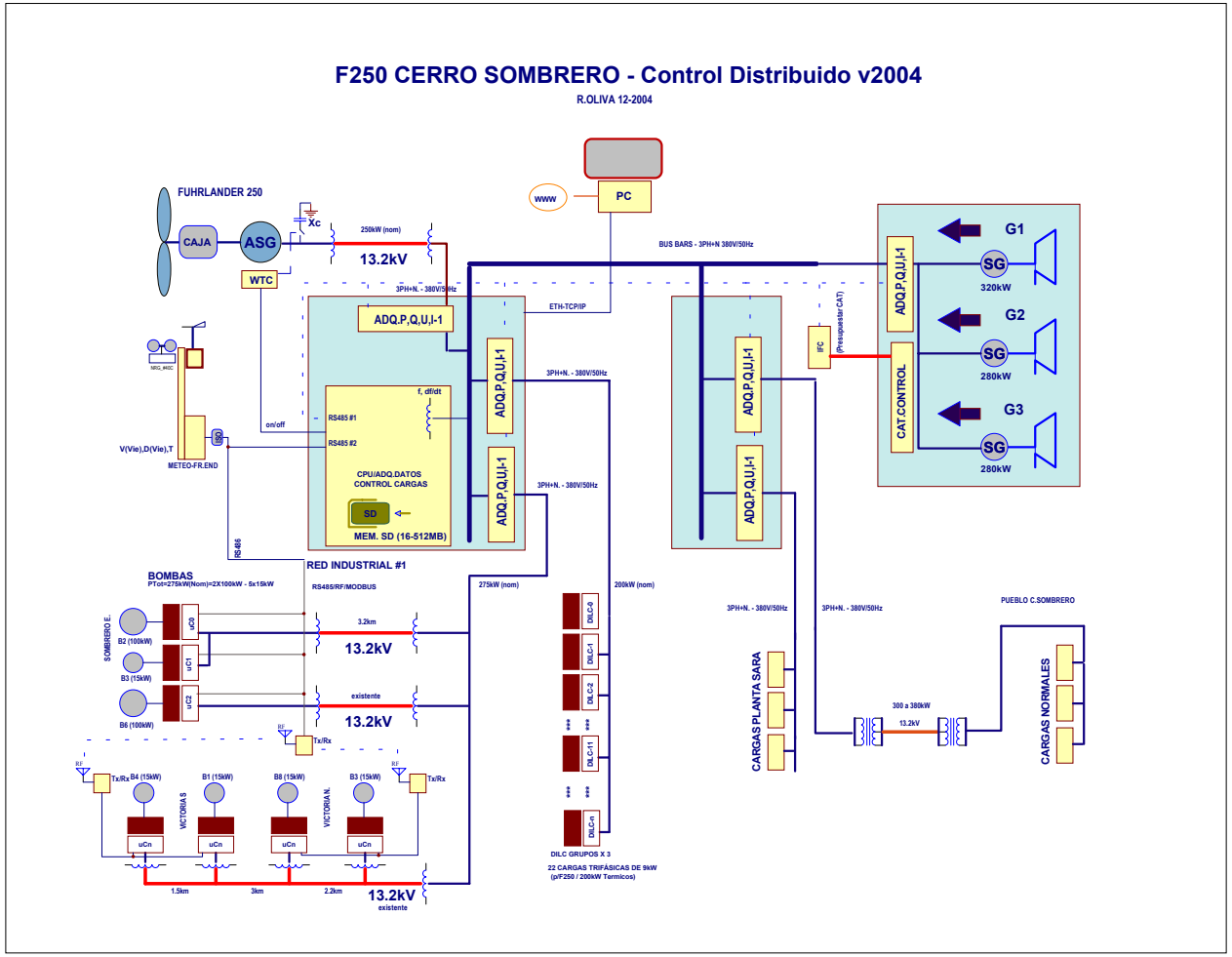


Figura 3.2 Alternativa A2b con FL250 y 7 pozos alimentados por eléctrica

4. Conclusiones preliminares

A esta altura, es sólo posible realizar una estimación de los costos, aunque resultan reducidos respecto a alternativas anteriores por requerirse menor penetración eólica. Hay componentes de costo, como las cargas térmicas, cuyo valor puede reducirse significativamente respecto a compras a firmas de gran calidad industrial como Omega (USA), presupuestadas en el Segundo Informe 2003.

A efectos comparativos, se muestran ambas tablas de costos de A2a,A2b juntas:

Alternativas (A2) - Control Distribuido Bombas + Econnect

(A2)a SISTEMA Enercon E30				(A2)b SISTEMA Fuhrlander 250			
Caract.:	1xMáquina E30/ 300kW			Caract.:	1x Máquina Fuhrlander 250kW		
Termicas:	2x280kW+1x400kW		1240	Termicas:	2x280kW+1x400kW		1240
[MWh/kW]	Min	Max	<Promedio>	[MWh/kW]	Min	Max	<Promedio>
Energía/año	3258.72	4344.96	3801.8	Energía/año	3258.72	4344.96	3801.8
<P>	372.0	496.0	434.0	<P>	372.0	496.0	434.0

Qty	Hardware	u$s/unit	u$s	Qty	Hardware	u$s/unit	u$s
1	CPU DL1-L&R, con Tarjeta SD Flash 256MB	$3,000.00	$3,000.00	1	CPU DL1-L&R, con Tarjeta SD Flash 256MB	$3,000.00	$3,000.00
5	Microcontrolador + Llave 15kW/3ph/380VAC (Bombas ch)	$600.00	$3,000.00	5	Microcontrolador + Llave 15kW/3ph/380VAC (Bombas ch)	$600.00	$3,000.00
2	Microcontrolador + Llave 100kW/3ph/380VAC (Bombas Centr.)	$1,500.00	$3,000.00	2	Microcontrolador + Llave 100kW/3ph/380VAC (Bombas Centr.)	$1,500.00	$3,000.00
11	Modulos 9kW Tracing, tablero compartido, con 3DILC Econnect monofasicos c/u (100kW p/E30)	$780.00	$8,580.00	22	Modulos 9kW Tracing, tablero compartido, con 3DILC Econnect monofasicos c/u (200kW p/FL250)	$780.00	$17,160.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 100kW c/RS485 para DILC	$600.00	$600.00	1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 200kW c/RS485 para DILC	$800.00	$800.00
1	Adaptacion RS485 a ADQP,Q,U,I 300kW del CAT	$400.00	$400.00	1	Adaptacion RS485 a ADQP,Q,U,I 300kW del CAT	$400.00	$400.00
2	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 300kW c/RS485 para Aero,Bombas	$1,000.00	$2,000.00	2	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 300kW c/RS485 para Aero,Bombas	$1,000.00	$2,000.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 400kW c/RS485 para CargaPueblo	$1,200.00	$1,200.00	1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 400kW c/RS485 para CargaPueblo	$1,200.00	$1,200.00
1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 200kW c/RS485 para Cargas Sara	$700.00	$700.00	1	Modulo Medicion ADQP,Q,U,I 200kW c/RS485 para Cargas Sara	$700.00	$700.00
3	Modulos Repetidores RF-RS485 para UHF, Victoria N y S	$800.00	$2,400.00	3	Modulos Repetidores RF-RS485 para UHF, Victoria N y S	$800.00	$2,400.00
5	Aisladores Opticos RS485	$140.00	$700.00	5	Aisladores Opticos RS485	$140.00	$700.00
1	Meteo/FRONT END RS485 (Incluye Torre 20m, Temp, V,Vdir)	$2,000.00	$2,000.00	1	Meteo/FRONT END RS485 (Incluye Torre 20m, Temp, V,Vdir)	$2,000.00	$2,000.00
1	Tablero Nuevo de Pie para Alojamiento CPU/ Instrumentacion	$800.00	$800.00	1	Tablero Nuevo de Pie para Alojamiento CPU/ Instrumentacion	$800.00	$800.00
1	Cableado de control, RS485, Instalaciones Vs.	$2,000.00	$2,000.00	1	Cableado de control, RS485, Instalaciones Vs.	$2,000.00	$2,000.00
1	Costos de Ingenieria Detalle de Control y Software	$7,000.00	$7,000.00	1	Costos de Ingenieria Detalle de Control y Software	$7,000.00	$7,000.00
Total Sistema de Control para E30/ALT2A			**$37,380.00**	**Total Sistema de Control para F250/ALT2B**			**$46,160.00**

Río Gallegos, 20 de Diciembre de 2004.