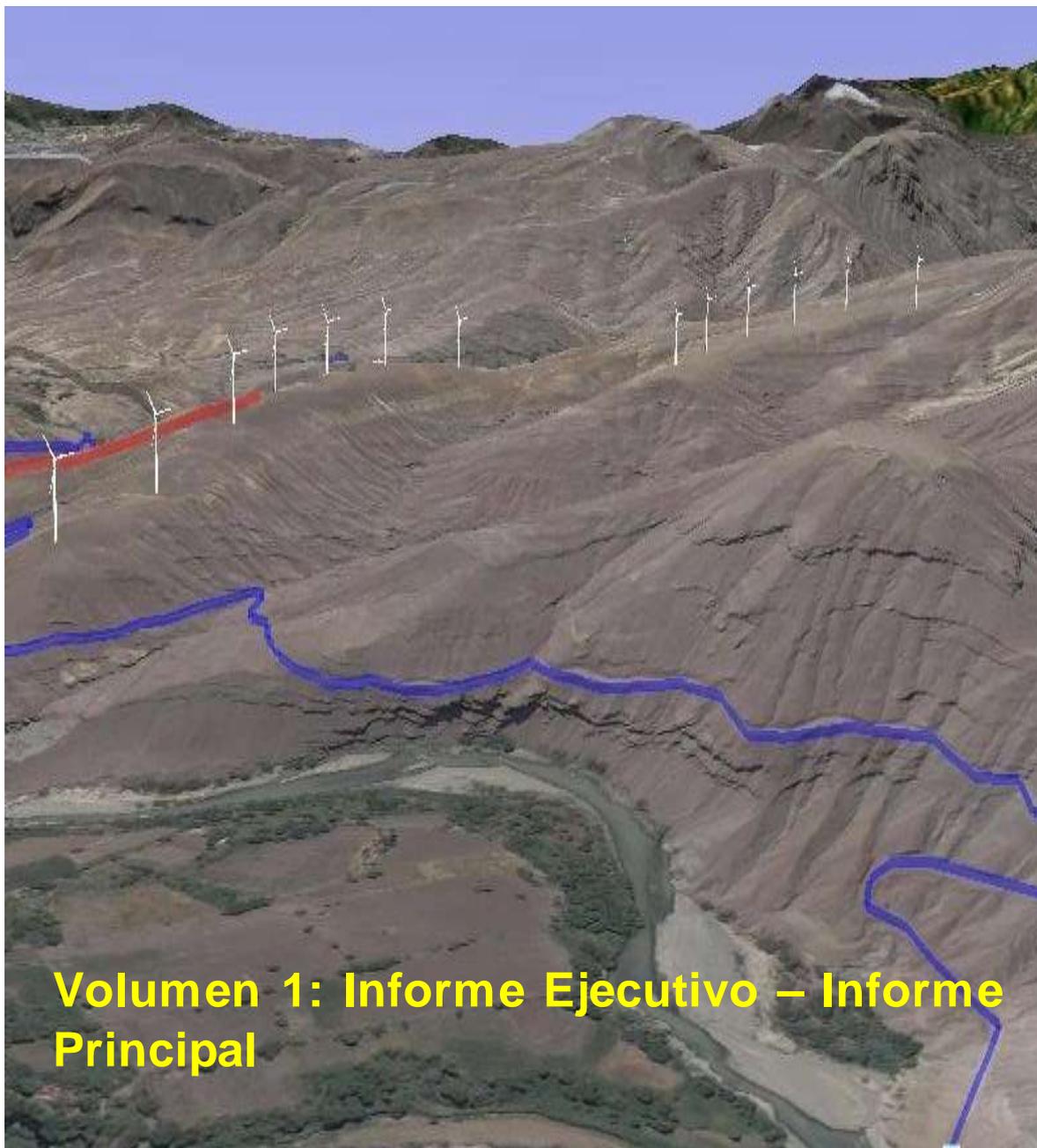


Proyecto eólico Minas de Huascachaca

Estudio de factibilidad avanzada: Informe Final



**Mayo, 2011
Versión Final**



Índice

Preámbulo.....	4
1 Antecedentes	6
1.1 Situación del sector eléctrico del Ecuador en el año 2009	6
1.2 Estudios previos relacionados con el proyecto eólico	6
2 Características del sitio del proyecto	10
2.1 Ubicación	10
2.2 Descripción general	11
3. Estimación del potencial del recurso eólico.....	18
3.1 Datos de INECEL	18
3.2 Datos estaciones meteorológicas cercanas	18
3.3 Según los datos de este estudio de Factibilidad	19
4. Contenido del estudio de factibilidad	20
5. Resumen de las mediciones de campo.....	21
6. Resumen del potencial energético.....	28
7. Configuración del campo eólico propuesto. Ubicación, equipos, producción.....	29
8. Resumen eléctrico.....	30
9. Resumen ambiental	33
10. Resumen de costos.....	34
11. Resumen del estudio económico financiero	36
Energía producida	36
Precio de venta	36
Aplicación MDL.....	36
Hipótesis para el análisis económico financiero	37
Resultados	38
12. Conclusiones	38

ANEXOS:38

- 1. Información de INECEL
- 2. Información de INECEL (2)
- 3. ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS

Informe Ejecutivo - Informe Principal

Preámbulo

El presente estudio de factibilidad del Parque eólico Minas de Huascachaca ha sido realizado en cumplimiento del Contrato entre ELECAUSTRO S.A. y la Corporación para la Investigación Energética, CIE, suscrito el 16 de Junio del 2008.

Se ha puesto empeño en realizarlo de la mejor forma posible, aportando toda la experiencia existente en el Ecuador y con la mejor voluntad para que sea un instrumento útil tanto para el cliente cuanto para el País.

Participaron en el estudio las siguientes personas (sin un orden específico de prioridad):

Edgar Santos	Ingeniero Eléctrico
Lucía Re	Máster en Ciencias Sociales
Bolívar Herrera	Ingeniero de Sistemas
Pablo Roldán	Ingeniero Eléctrico
Paulina Cubillo	Ingeniera Geógrafa y Máster en Ambiente
Fabián Pachano	Máster en Ingeniería civil
José Pachano	Ingeniero Civil Estructural
Geovana Yacelga	Secretaria
Jorge Torres	Asistente de servicios
Vladimir Játiva	Ingeniero Geólogo Geotécnico
Edgar López	Ingeniero Geotécnico
Fernando Muñoz	Ingeniero Eléctrico
Stalin Vaca	Ingeniero Eléctrico Máster en Energías Renovables
José Jara	Ingeniero en Energías Renovables
Paúl Martínez	Ingeniero Eléctrico Ambiental
Jaime Gutiérrez	Ingeniero en sistemas de control, MBA
Iván Montero	Técnico en montajes
Fausto Yugcha	Ingeniero Eléctrico (Subestaciones)
Will Beard	Ingeniero Geógrafo
Joseph Fields	Consultor asociado a la CIE
Eduardo Guillén	Ingeniero Civil especialista en vías
Andrés Montero	Máster en energías Renovables
...	
KEMA Inc.	Consultor externo

Bajo la coordinación de:

Alfredo Mena Ingeniero Eléctrico, MIE

Participaron en la fiscalización por parte de ELECAUSTRO S.A.

Ing. Klever Quizhpe
Ing. Silvia Salinas
Ing. Diego Idrovo

Ing. Gil Álvarez

Ing. Raúl León Director de Planificación.

Se expresa un especial agradecimiento por el apoyo dado al proyecto a los Gerentes de ELECAUSTRO, Ing. Antonio Borrero e Ing. Hernán Carrillo.

1 Antecedentes

1.1 Situación del sector eléctrico del Ecuador en el año 2009

En el año 2009 la generación eléctrica en el país alcanzó los 19,475.93 MWh dentro del SNI. De este total el 47,4% fue producido por generación hidroeléctrica, 45.8% por centrales termoeléctricas y 5.8% fue importado desde Colombia y Perú (CONELEC). El mismo año, la capacidad de generación eléctrica efectiva en el Ecuador fue de 4,725.19 MW, de los cuales el 43% corresponde a generación hidroeléctrica, 45.8% a generación termoeléctrica y 11,1% a interconexiones con Colombia y Perú.

Adicionalmente la demanda de electricidad en el país ha mantenido un constante crecimiento a lo largo de los últimos años. Durante el año 2008 la demanda en el país tuvo una variación de 5,78% con respecto al año anterior y en el año 2009 una variación de 1.92%. Cabe mencionar que en este año por la fuerte sequía que se tuvo en el Ecuador se produjeron racionamientos de energía en todo el país.

Los pronósticos de crecimiento de energía y potencia esperada en el país se muestran en la tabla siguiente:

Periodo	Crecimiento de Energía (%)			Crecimiento de Potencia (%)		
	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
2007 - 2016	3.4	4.4	5.3	3.9	5.0	5.9

Tabla No. 1 Crecimiento demanda futura esperada (Plan Electrificación CONELEC 2007-2016)

1.2 Estudios previos relacionados con el proyecto eólico

Estudio realizado por INECEL

Por una preocupación energética, en 1983 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación, INECEL, realizó el impulso de un Plan Maestro para analizar la producción de la energía eléctrica en el Ecuador. Como preámbulo de esto, a partir de 1978, el INECEL elaboró un informe para evaluar el recurso viento como una fuente de energía identificando zonas ventosas, evaluando el potencial eólico y cuantificando el recurso a fin de utilizarlo, de ser posible, en generación eléctrica. Estos estudios no consideran sitios como Villonaco, en Loja, que tienen interesantes velocidades de viento.

De éste informe se determinó que la estación MINAS DE HUASCACHACA con una velocidad media del viento de 7.9 m/s y una potencia media de 234.44 W/m² tiene el mayor potencial eólico en el Ecuador. Se desconoce qué tipo de anemómetro fue utilizado. La altura de medición fue de 10 metros sobre el nivel del suelo.

El siguiente cuadro muestra varios sitios considerados en el Ecuador como de potencial eólico. (INAMHI, estudios de INECEL)

ZONA	PROVINCIA	LOCALIDAD	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s)
INTERANDINA NORTE	CARCHI	El Ángel	6.6
	IMBABURA	Atuntaqui	4.5
		Salinas	7.0
INTERANDINA CENTRAL	PICHINCHA	Tabacundo	5.0
		Machachi	7.1
		Malchinguí	6.6
		Olmedo	5.3
	COTOPAXI	Páramo del Cotopaxi	5.9
INTERANDINA SUR	AZUAY	Huasachaca	7.9
	LOJA	Saraguro	5.2
		Yangana	5.5
		Lucardi	5.6
		La Toma	4.8
COSTANERA	MANABÍ	Boyacá	5.6
		Pedernales	4.4
	GUAYAS	Guayaquil (Aeropuerto)	4.7
		Salinas	4.8
INSULAR	GALÁPAGOS	San Joaquín (I. San Cristóbal)	7.9
		Salasaca (I. Santa Cruz)	5.4

Tabla No. 2 Velocidad del viento en varias localidades (INECEL 1978)

La fotografía siguiente muestra el sitio en donde se encontraba la estación de INECEL:



Figura No.1 Estación Minas de Huascachaca, mirando hacia el sur

El contenido del estudio es el siguiente:

Curva de duración de velocidades del viento

Indica el porcentaje del tiempo en que la velocidad supera a un determinado valor.

Curva de distribución de frecuencias de velocidad

Indica la frecuencia (en %) con que una determinada velocidad, horaria, diaria o mensual, incide en determinado sitio durante cierto período de tiempo.

Curva de probabilidades de la velocidad del viento

Es la curva de frecuencias de velocidad utilizando la distribución de Weibull para datos horarios.

Velocidad media mensual y anual m/s, obtenida a 10 metros

Densidad de potencia media kw/m^2

El estudio realizado en aquella época no considera los avances tecnológicos que se han dado en estos últimos años. Se pensaba en sistemas eólicos aislados, para electrificación rural y sin posibilidad de conectarse a la red, sin embargo dio una pista sobre los lugares que podrían ser atractivos. La velocidad media detectada en dicha época fue de 5.97 m/s

Los datos no están disponibles en archivos magnéticos que aparentemente se han perdido pero la información disponible se la ha podido conservar en algunos reportes internos. La información disponible se adjunta en los ANEXOS 1.1 y 1.2.

Actividades desarrolladas con la empresa eléctrica Centro Sur

Al definirse el convenio de Cooperación, necesario para el monitoreo de recursos eólicos en el Austro Ecuatoriano, entre la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A. y la Corporación para la Investigación Energética, con el objetivo de medir los recursos de velocidad y dirección del viento en diferentes sitios se realizaron las siguientes actividades:

Inicialmente la instalación de dos torres de 26 m en dos sitios: en las minas de Huascachaca en el Cantón Santa Isabel de la provincia del Azuay y en la cima del Cerro Carshao ubicado en la provincia del Cañar.

Traslado de la torre de medición de la localidad de Carshao en la provincia del Cañar, y colocar la torre en el camino a Yulug perteneciente al cantón Saraguro, Loja.

Descarga de los datos eólicos en los sitios de Huascachaca y Yulug desde julio del 2002.

Instalación de una torre de medición de 40m de altura con tres anemómetros nuevos ubicados a diferentes alturas, la misma que se ubicó en Uchucay. También se cambiaron los anemómetros de las otras dos torres instaladas, con equipos sensores nuevos, importados por la CIE para este objeto.

Debe destacarse que en 1996 se realizó una visita al sitio con el Ing. Joe Fields, Gerente de Marketec SolViento S.A. el Ing. Alfredo Mena y funcionarios de la Empresa Eléctrica (Ing. Hernán Carrillo) para interesar a esta última en el análisis del sitio.

Convenio con el H. Consejo Provincial del Azuay

El H. Consejo Provincial del Azuay, accionista de la empresa eléctrica Centro Sur y cuyo Prefecto es Presidente del Directorio se mostró interesado en llevar adelante el proyecto de generación eólica, en la zona de Minas de Huascachaca, considerando que ayudaría al desarrollo de la provincia del Azuay y la zona austral, y que debería hacerse un esfuerzo para aprovechar este recurso natural.

Se debe tomar en cuenta que el proyecto se ubicaría dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Centro Sur, en los cantones Santa Isabel (Azuay) y Saraguro (Loja).

El 15 de Agosto del 2003 se suscribió un convenio entre el H. Consejo Provincial y la Corporación para la Investigación Energética, CIE, para la realización de los estudios de pre-factibilidad del proyecto eólico.

El objetivo del convenio fue dimensionar y caracterizar el parque aerogenerador factible a ser instalado en la zona de Minas de Huascachaca - Yulug, así como determinar la viabilidad económica y financiera de esta alternativa. Adicionalmente se definirán opciones de financiamiento incluyendo la venta de certificados de no emisión de carbono, junto con una evaluación preliminar del impacto ambiental.

El estudio de pre factibilidad dio indicios de que podría desarrollarse un parque eólico en la zona de Huascachaca con una potencia instalada de 30 Mw. A la luz de la

información disponible actualmente se puede decir que el presupuesto de inversión y de O&M estuvo subvalorado.

2 Características del sitio del proyecto

2.1 Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado a 84 Km al suroeste de la ciudad de Cuenca, por la vía Girón Pasaje, en la Provincia de, Loja en el Cantón Saraguro. Aproximadamente a unos 1100 m sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 22 °C, es una zona árida con caminos de tierra que presenta muy poca vegetación.

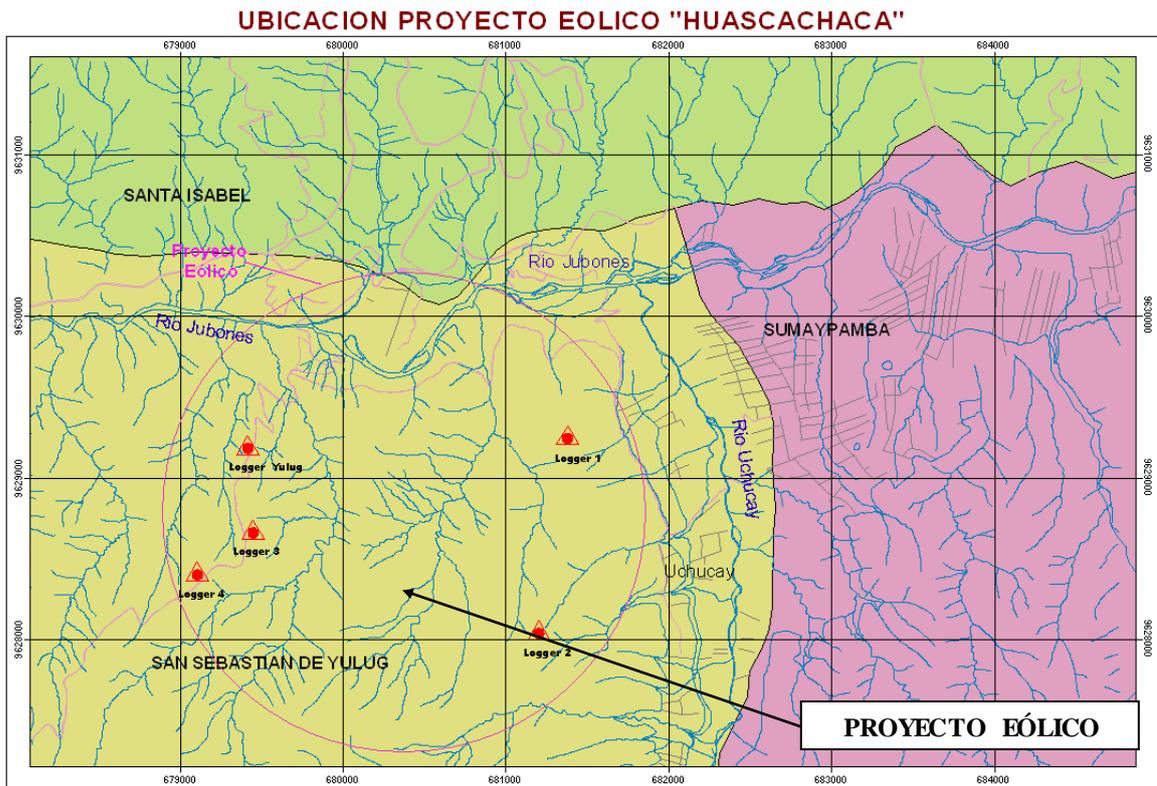


Figura No. 2 Ubicación del Proyecto y de las torres de monitoreo para factibilidad.

Para el estudio de prefactibilidad se ubicaron tres torres de medición de velocidad y dirección de viento. Una torre de 26 metros de altura con anemómetros a 15 y 26 metros en el sitio de Minas de Huascachaca, donde se encontraba instalada la estación meteorológica de INECCEL (17 6 79 869E / 96 30646N). Una torre de 26 metros, similar a la anterior, en el sitio (17 6 79 644E / 96 29 505N) junto al camino que se dirige hacia Yulug y finalmente una torre de 40 metros, en el sitio denominado Uchucay (17 6 81 636E / 96 29 633N), con tres anemómetros a 20, 30 y 40 metros. Cada una de las torres de medición tiene una veleta de dirección instalada en su extremo superior.

Posteriormente, para el estudio de factibilidad, se instalaron dos torres nuevas de 50 m de altura con tres pares de anemómetros cada una y dos veletas de dirección. Adicionalmente se trasladó la torre de 26 m que estaba en Huascachaca y se renovaron los equipos de medición.

2.2 Descripción general

La zona del proyecto se caracteriza por ser extremadamente árida y erosionada por el agua y el viento. Se constituyen varias mesetas (cuchillas) orientadas de sur a norte y separadas por quebradas de diferente ancho y profundidad. Estas mesetas son relativamente planas y permitirán alojar varias turbinas de generación espaciadas unos 200 metros entre cada una de ellas. La separación entre filas, está dada por el ancho de las quebradas siendo superior a los setecientos metros.

La utilización óptima del espacio disponible consta más adelante en este estudio de factibilidad, utilizando programas de micrositing (WASP®). Ver Volúmenes 5 y 6.

Características técnicas del parque eólico

Se exponen a continuación en forma de tabla y a modo de resumen, las principales características técnicas del Proyecto Eólico Minas de Huaschachaca.

Elementos, máquinas e instalaciones		
Aerogeneradores	Cant. unidades	25
	Modelo	Tipo REpower
	Diámetro rotor	92 m
	Pot. Unitaria. (KW)	2 000
	Potencia Total (KW)	50 000
Torres	Altura (m)	68.5
	Material	Acero
	Número	25
Líneas de media tensión (36 KV) subterráneas	Longitud (km)	6.2
Líneas de media tensión (36 KV) aéreas	Longitud (km)	3.1
Caminos y zanjas para conexiones eléctricas	Vías y accesos (km)	13.6
	Zanjas (km)	6.2

Tabla No. 3 Resumen de elementos del parque

Descripción del emplazamiento

Dentro del área y con la limitación de los 50 MW¹ del proyecto, Ver Volumen 8, se han establecido cuatro alineaciones de aerogeneradores, las mismas que se pueden verificar en la Figura No. 3

Alineación 1. Formada por 7 aerogeneradores numerados del 1 al 7.

Alineación 2. Formada por 6 aerogeneradores numerados del 8 al 13.

Alineación 3. Formada por 4 aerogeneradores numerados del 14 al 17.

Alineación 4. Formada por 8 aerogeneradores numerados del 18 al 25.

¹ Esta limitación viene dada por la capacidad de la interconexión en la línea Cuenca Loja. Se explica en el Volumen 8.

Las alineaciones van identificadas correlativamente de Sur a Norte y los aerogeneradores de Este a Oeste. El área del parque tiene una superficie de 2.565 Ha, de las cuales 275 Ha corresponden a las filas de aerogeneradores pero solamente 13,17 Ha están ocupadas por las torres y vías de acceso.

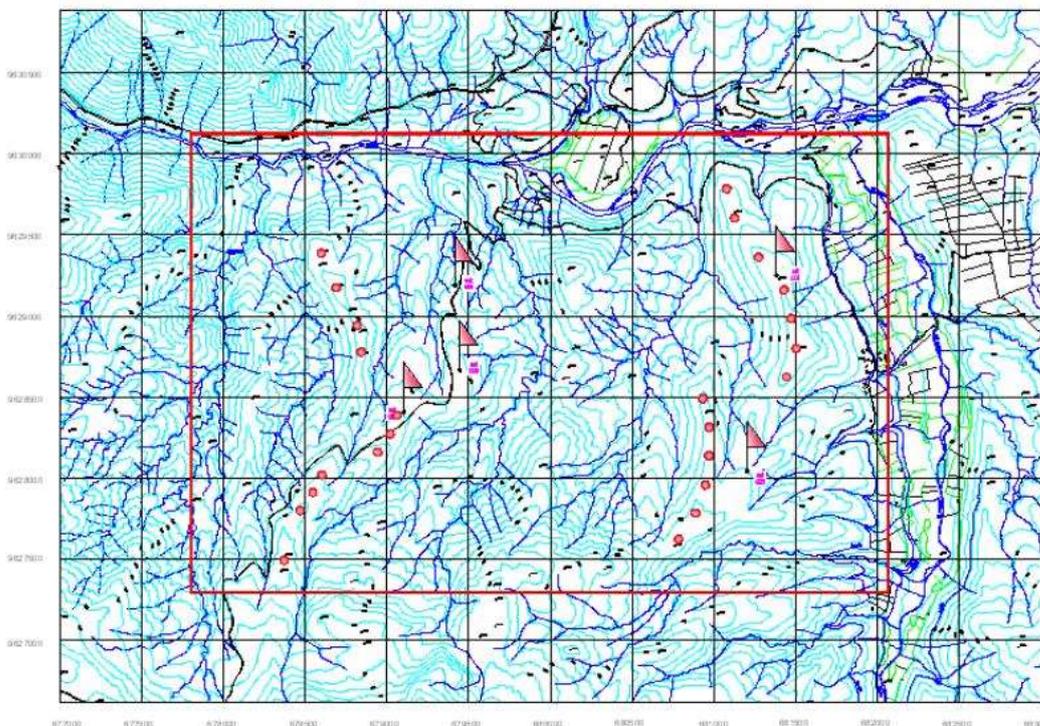


Figura No. 3 Distribución de aerogeneradores – Proyecto Eólico Minas de Huascachaca

La altitud del terreno en donde se instalarán las torres con los aerogeneradores está entre las cotas de 1052 a 1366 m sobre el nivel del mar.

Se muestra a continuación la tabla en la que se indican las posiciones de los aerogeneradores. (WGS84 17S)

Sitio	Coordenada UTM	Elevación (msnm)
Aerogenerador 01	(681076,9, 9629784,0)	1052
Aerogenerador 02	(681126,2, 9629604,0)	1065
Aerogenerador 03	(681272,4, 9629363,0)	1110
Aerogenerador 04	(681427,9, 9629161,0)	1124
Aerogenerador 05	(681471,2, 9628985,0)	1130
Aerogenerador 06	(681501,9, 9628800,0)	1135
Aerogenerador 07	(681441,6, 9628624,0)	1126
Aerogenerador 08	(680930,7, 9628491,0)	1151
Aerogenerador 09	(680971,4, 9628313,0)	1160
Aerogenerador 10	(680968,1, 9628139,0)	1172
Aerogenerador 11	(680946,6, 9627958,0)	1191
Aerogenerador 12	(680887,8, 9627784,0)	1202
Aerogenerador 13	(680783,0, 9627624,0)	1215
Aerogenerador 14	(678598,6, 9629387,0)	1150
Aerogenerador 15	(678691,2, 9629175,0)	1160
Aerogenerador 16	(678817,6, 9628942,0)	1155

Sitio	Coordenada UTM	Elevación (msnm)
Aerogenerador 17	(678841,5, 9628778,0)	1155
Aerogenerador 18	(679060,9, 9628388,0)	1198
Aerogenerador 19	(679021,0, 9628273,0)	1213
Aerogenerador 20	(678943,8, 9628160,0)	1237
Aerogenerador 21	(678603,8, 9628019,0)	1300
Aerogenerador 22	(678547,6, 9627913,0)	1311
Aerogenerador 23	(678470,8, 9627800,0)	1327
Aerogenerador 24	(678368,8, 9627649,0)	1351
Aerogenerador 25	(678373,0, 9627493,0)	1366

Tabla No. 4 Ubicación de aerogeneradores – Altura 68.5 m

Descripción de las características generales.

El parque eólico consta de las siguientes instalaciones:

Aerogeneradores:

El grupo de aerogeneradores está conformado por 25 turbinas de 2.000 KW. cada una, con una potencia total instalada de 50 MW, (altura de la torre 68.5 metros; diámetro del rotor 92 metros; ver Volumen 6) en cuatro alineaciones; la A-1 con 7 turbinas de la N° 1 a la 7, la alineación A-2, con 6 turbinas de la N° 8 a la N° 13, la alineación A-3, que consta de 4 turbinas de la N° 14 a la N° 17 y la alineación A-4 con 8 turbinas de la N° 18 a la N° 25. Las turbinas y su equipamiento correspondiente consta de: rotor, multiplicador, generador eléctrico y sistemas auxiliares, torre de sustentación, canalizaciones eléctricas hasta pie de torre, cuadros de protección, mando y control, incorporando transformador de potencia de 2200 KVA, 690/36000V y celdas de protección eléctrica en el sistema de 36 kV.

Vías y caminos:

Para facilidad de acceso a las diferentes torres de generación eólica el proyecto vial considera tres ejes cuyas especificaciones se encuentran en el Volumen 4 (en general son vías de 6 metros, 10% pendiente máxima y 30 metros de radio mínimo en las curvas), los accesos a las turbinas a partir de las vías principales han sido diseñados con vías de 4 metros de ancho, que son suficientes para el efecto.²

Eje 1:

Desde el cruce del puente sobre el río Jubones con una longitud de 20 m, hacia Uchucay, pasando cerca del cementerio existente, Longitud 6.150,75 m; vía que serviría para tener acceso a 13 torres de generación. . En la abscisa 3+770.08 se tiene un primer acceso de 551.00 m, en la abscisa 4+357.09 un segundo acceso con una longitud de 537.40 m, y en la abscisa 5+881.739 un tercer acceso con una longitud de 771.75 m. Ver Volumen 4.

Eje 2:

² Las vías permitirán transportar los pesos de las grúas que son de unas 300 toneladas. Los pesos de los equipos son variables siendo el máximo unas 60 toneladas. Para los radios de curvatura se considera el transporte de las aspas (45 m) más el tráiler.

Inicia desde la abscisa 0+815.62 hacia la población de Yúlug con una longitud de 5.740,54 m; vía que serviría para tener acceso a 15 torres de generación. En la abscisa 3+895.52 se tiene un primer acceso de 1408.33 m, y en la abscisa 4+892.28 un segundo acceso con una longitud de 250.86 m.

Eje 3:

Inicia desde el cruce del puente sobre el río Jubones abscisa 0+000 hacia la carretera Girón - Pasaje con una longitud de 1.624.65 m; vía que serviría para tener acceso al puente antes mencionado.

Se deberá construir un puente para cruzar el río Jubones en el mismo sitio en que se encuentra un puente de características inapropiadas. El puente deberá ser diseñado al realizar los estudios definitivos pues se requiere de topografía de detalle y estudios geotécnicos que están por fuera de este estudio de factibilidad. Se podrán usar los diseños tipo del Ministerio de Obras Públicas. Ver Volumen 4.

Sistema eléctrico de 36 kV:

La interconexión entre unidades aerogeneradoras está compuesta por líneas de media tensión subterráneas y áreas. Los detalles se encuentran en el Volumen 8 y los planos de recorrido en el Volumen 13.

Las primeras estarán dispuestas en zanjas trazadas en los laterales de los caminos y transportarán la energía de cada turbina a nodos de conexión previo su ingreso a la SE Uchucay. Se establecen así tres circuitos (3), el C-1 que receipta la energía de los aerogeneradores del N° 1 al 10, el C-2 que recoge la energía de los aerogeneradores del N° 11 al 13 y el C-3 que evacúa la energía de los aerogeneradores del N° 14 al 25.

Por otro lado, las líneas aéreas parten desde los nodos de conexión de los circuitos de los aerogeneradores con dirección a los pórticos de ingreso de la SE general. Se identifican entonces dos líneas (2) de este tipo, la L-1 que evacúa la energía de los circuitos C-1 y C-2, perteneciente a las unidades eólicas N°1 a 13 y la línea L-2, la misma que toma la energía del circuito C-3; es decir, la de los aerogeneradores N° 14 al 25.

Sistema de evacuación de energía:

La energía eléctrica producida en el parque eólico será operada y controlada desde una subestación general que estará ubicada en las cercanías a la población de Uchucay, cantón Saraguro, provincia de Loja. Por la cercanía con dicha población la SE de elevación llevará el nombre de SE Uchucay. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la S/E son las siguientes: 681.487E; 9'627.779N

Esta etapa de transformación eléctrica elevará el nivel de tensión de toda la energía generada en el parque eólico de 36 a 138 KV mediante dos transformadores trifásicos de 33.3 MVA cada uno. La elección del nivel de tensión de elevación de la SE, se debe a que se proyecta que el punto de entrega de energía del parque al Sistema Nacional de Generación y Transmisión será la línea Cuenca-Loja perteneciente a la CELEC y administrada por la Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica - Transelectric.

Además de su función de elevación, la SE Uchucay contará con todos los equipos para protección, medición y monitoreo del parque eólico.

En relación a la línea de transmisión asociada al Proyecto Eólico Minas de Huascachaca, como se indicó, ésta evacuará la energía eléctrica producida al Sistema Nacional de Generación y Transmisión por medio de un doble circuito eléctrico con doble hilo de guarda a un voltaje de 138 KV. Hasta que la línea Cuenca Loja se transforme a doble circuito, la interconexión será de ida y vuelta con un solo circuito. Se podrá convertir a doble circuito luego.

La línea de transmisión tendrá una longitud aproximada de 22.5 km. con un vano promedio aproximado de 645 m. y 34 estructuras, de las cuales 17 son de 15 m, 15 de 20 m. y 2 de 24 m. A lo largo de la línea de transmisión se encontrarán estructuras de tipo tangencial, retención, angular y retenciones angulares. Ver Volumen 8.

Sistema de control:

Para automatizar el funcionamiento del parque eólico, se establece una red de fibra óptica en canalización subterránea, instalada por la misma zanja que los sistemas de 36 kV y de puesta a tierra, que unirá cada aerogenerador con el centro de control de la subestación. En el centro de control de la subestación se instalará una unidad terminal remota (UTR) que por vía fibra óptica colocada sobre el cable de guarda de la línea de transmisión permitirá tele mandar las operaciones del parque a través de un sistema SCADA.

La topología del sistema de telecomunicaciones es la misma de la red eléctrica de media tensión.

Diseño de la instalación de los aerogeneradores.

En base a las mediciones realizadas, la caracterización del viento existente, el análisis del mismo y elegido el aerogenerador se diseña el parque eólico de la siguiente manera: .(Ver Volúmenes 2, 5 y 6).

a) Datos de entrada:

Medidas de viento: Las obtenidas de las cinco estaciones meteorológicas

Sitio	Nombre indicativo	Coordenadas (UTM)	Altitud (m)
001	Uchucay1 40m	681381, 9629250	1124
002	Uchucay2 50m	681203, 9628043	1174
003	Yulug50m	679447, 9628666	1161
004	Polígono 26m	679103, 9628406	1197
005	Yulug26m	679414, 9629189	1104

Tabla No. 5 Coordenadas de Estaciones Meteorológicas

Turbina elegida: tipo REpower MM92.

Altura del buje según las torres de sustentación normalizadas: 68.5 m.

Topografía del terreno: Restitución aerofotogramétrica, con curvas de nivel a intervalos cada 5 m y 20 m.

Herramientas informáticas: Programa WAsP.

b) Magnitudes calculadas:

Velocidad del viento en función de las direcciones y la altura.

Densidad del aire. Media del área 1,040 Kg. /m³.

Parámetros, amplitud y factor de forma de Weibull en función de la dirección y la altura.

Producción energética en función de la dirección y la altura.

c) Diseño, teniendo en cuenta:

Elección de puntos de mayor potencial eólico.

Procurar ubicar turbinas en lugares de potencia superior a 200 W/m²

Procurar efectos estela inferiores al 5%

Consideraciones medioambientales

Separación entre turbinas adecuadas, la distancia entre turbinas no sea inferior a dos diámetros del rotor

Mínimo impacto por utilización de infraestructuras, conjuntos simétricos frente a vías y accesos y frente a líneas de evacuación de energía.

No colocar turbinas en zonas determinadas no apropiadas por condiciones de vialidad futura.

Limitación de la potencia total a 50 MW, por razones de capacidad de conducción de la actual línea de transmisión a 138KV desde la SE Loja a SE Cuenca, perteneciente la Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica.

Consideraciones económicas: Mejor relación Producción/inversión y mínimo costo posible.

d) Resultados:

Estimación de la velocidad según la altura.

Tablas de salida del WAsP de los parámetros eólicos.

Gráficos de contenido de energía a 25 m.

Tabla de posición de las turbinas en coordenadas UTM y altura de buje elegida.

Producción estimada de energía eléctrica.

Nota: La producción de energía eléctrica se ha calculado mediante el programa WAsP, para las posiciones elegidas de las turbinas, con la curva de potencia y empuje de la turbina tipo REpower MM92.

Los resultados son los de salida de dicho programa:

Producción bruta, considerando cada aerogenerador individualmente.

Producción neta, considerando las afecciones por estelas y sombras entre las distintas turbinas.

Producción evacuada, considerando las pérdidas por:

La transformación de BT/MT

La distribución de la energía en MT

La transformación de MT/AT en la subestación de evacuación.

Indisponibilidad (averías y mantenimiento).

Bajo las condiciones enunciadas, en la siguiente tabla se resumen los resultados de la producción estimada de energía para el modelo de aerogenerador elegido:

Parámetro	Detalle
Agrupaciones	4
Número de máquinas	25
Altura	68,5 m
Producción	100,75 GWh/año
Pérdidas por estela	4,56%
Otras pérdidas	4,97Gwh/año
Producción luego de pérdidas	95,57 Gwh/año
Factor de planta	23%

Tabla No. 6 Producción de energía esperada

3. Estimación del potencial del recurso eólico

3.1 Datos de INECEL

De la información recopilada por INECEL, entre 1977 y 1981, (Ver ANEXOS No. 1 y 2) se puede concluir que la velocidad promedio anual, a una altura de medición de 10 metros, es la siguiente:

Año	Velocidad Media	Densidad media de energía
1978	6.01 m/s	2268.8 kwh/m ²
1979	5.94 m/s	2670.8 kwh/m ²
1980	6.23 m/s	3331.2 kwh/m ²

Tabla No. 7 Velocidades medias y densidad de energía

La distribución mensual del viento se muestra en la tabla siguiente. La velocidad es mayor durante los meses Julio, Agosto, Septiembre.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TOTAL	5,93	5,91	5,53	5,46	5,26	6,08	6,42	6,35	6,42	6,08	6,01	6,10

Tabla No. 8 Distribución mensual del viento

3.2 Datos estaciones meteorológicas cercanas

La información disponible del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, especialmente en lo que se refiere a características del viento, es muy limitada. En la Tabla siguiente se lista la ubicación de varias estaciones meteorológicas cercanas al río Jubones y, en el ANEXO 1. 3 se detallan los aspectos más importantes de la estadística.



Figura No. 5 Estaciones meteorológicas cercanas

3.3 Según los datos de este estudio de Factibilidad

El potencial eólico está definido en el mapa de densidad de potencia, en el que se puede ver las zonas que tienen interés. El potencial se define mediante los estudios de micrositing presentados en el Volumen 6 de este informe.

Debido a la orografía de la zona, el área disponible no es muy grande especialmente si se toma en cuenta la dificultad encontrada para la ubicación de las torres de generación y la construcción de vías de acceso.

La densidad del aire, que afecta en la primera potencia a la producción de energía, es menor en un 15% referida a la densidad a nivel del mar.

La zona tiene una velocidad promedio, ajustada a 80 metros, 5.045 m/s (Volumen 2) que es un valor bajo. La densidad de potencia media para el área de estudio, calculada con WAsP usando las distintas frecuencias de velocidad es de 284 w/m² encontrándose la más alta densidad en la zona de Uchucay con un promedio de 384.5 w/m². El patrón encontrado del viento indica que la producción de energía solo puede darse entre las 10 y las 18 horas aproximadamente y no todo el tiempo a capacidad nominal del parque eólico. Esto se refleja en un factor de planta de solamente 22%.

El reporte de INECEL presentaba una media de velocidad de 7.5 m/s en el sector de Huasachaca (Margen derecha del río Jubones) a 10 metros de altura y una densidad de potencia calculada de 234 w/m².

4. Contenido del estudio de factibilidad

El estudio de Factibilidad producto del Contrato suscrito entre la Corporación para la Investigación Energética, CIE y ELECAUSTRO S. A. está contenido en los siguientes Volúmenes:

Volumen 1: Informe ejecutivo - Informe Principal

Volumen 2: Informe sobre las mediciones

Volumen 3: Estudios geológicos y geofísicos

Volumen 4: Estudio de vías de acceso

Volumen 5: Estudio del potencial eólico, energético y mapa de rugosidad

Volumen 6: Selección del equipamiento para el parque eólico

Volumen 7: Estudio de plataformas y fundaciones

Volumen 8: Estudio de conexión eléctrica.

Volumen 9: Estudio del sistema SCADA.

Volumen 10: Estudio de Impacto Ambiental y Social.

Volumen 11: Costos del Proyecto

Volumen 12: Análisis económico –financiero del proyecto

Volumen 13: Planos del proyecto.

Nota:

El consultor externo KEMA ha revisado los estudios de viento (Volumen 2), la selección del equipamiento (Volumen 6), las especificaciones funcionales del sistema SCADA (Volumen 9) y los estudios de conexión eléctrica (Volumen 8). Los informes se adjuntan dentro de cada volumen.

5. Resumen de las mediciones de campo

Las mediciones fueron realizadas durante todo el año 2009 en cinco estaciones meteorológicas de acuerdo con el siguiente detalle:

LOGGER 0001 - UCHUCAY 40 m	
Nombre: Uchucay 40 m.	Anemómetro 1: 40 m
Ubicación:	Anemómetro 2: 30 m
Este: 681388 Norte: 9629252	Anemómetro 3: 20 m
Altura: 1106 msnm	Veleta 1: 40 m
	Veleta 2: 30 m
LOGGER 0002 - UCHUCAY 50 m	
Nombre: Uchucay 50 m.	Anemómetro 1: 50 m
Ubicación:	Anemómetro 2: 40 m
Este: 681203 Norte: 9628043	Anemómetro 3: 30 m
Altura: 1176 msnm	Anemómetro 4: 50 m
	Anemómetro 5: 40 m
	Anemómetro 6: 30 m
	Veleta 200p: 50 m
	Veleta 200p: 30 m
LOGGER 0003 - YULUG 50 m	
Nombre: Yulug 50 m.	Anemómetro 1: 50 m
Ubicación:	Anemómetro 2: 40 m
Este: 679446 Norte: 9628665	Anemómetro 3: 30 m
Altura: 1137 msnm	Anemómetro 4: 50 m
	Anemómetro 5: 40 m
	Anemómetro 6: 30 m
	Veleta 200p: 50 m
	Veleta 200p: 30 m
LOGGER 0004 - POLÍGONO 26 m	
Nombre: Polígono 26 m.	Anemómetro 1: 26 m
Ubicación:	Anemómetro 2: 15 m
Este: 679103 Norte: 9628406	Veleta 200p: 26 m
Altura: 1180 msnm	
LOGGER 0005 - YULUG 26 m	
Nombre: Yulug 26 m.	Anemómetro 1: 26 m
Ubicación:	Anemómetro 2: 15 m
Este: 679663 Norte: 9629553	Veleta 200p: 26 m
Altura: 1104 msnm	

Tabla No. 10 Estaciones de medición

Los resultados de las mediciones están disponibles en el Volumen 2. Un resumen se muestra en la siguiente tabla:

	Uchucay 1 - 40m			Uchucay2 - 50m						Yulug 50m						Polígono 26m		Yulug 26m	
	40m	30m	20m	50m	40m	30m	50m'	40m'	30m'	50m	40m	30m	50m'	40m'	30m'	26m	15m	26m	15m
Diciembre-08	6,03	6,15	6,17	5,15	5,03	5,04	5,10	5,18	5,10	4,77	4,77	4,91	4,80	4,82	4,75	5,28	5,42	4,30	4,19
Enero-09	5,08	5,11	5,13	4,04	3,84	3,89	4,00	4,04	3,94	3,89	3,90	3,98	3,96	3,90	3,75	4,53	4,63	3,46	3,35
Febrero-09	5,04	5,03	5,06	4,05	3,83	3,88	3,99	3,97	3,89	3,78	3,87	3,94	3,85	3,85	3,71	4,40	4,56	3,44	3,32
Marzo-09	5,77	5,72	5,76	4,79	4,52	4,61	4,63	4,67	4,57	4,22	4,43	4,46	4,30	4,38	4,29	4,81	5,05	3,95	3,84
Abril-09	5,65	5,65	5,64	4,71	4,45	4,58	4,51	4,56	4,52	4,22	4,44	4,45	4,28	4,39	4,31	4,81	5,06	4,02	3,84
Mayo-09	5,71	5,74	5,71	4,78	4,56	4,70	4,53	4,62	4,58	4,26	4,41	4,44	4,27	4,36	4,32	4,87	5,12	4,05	3,86
Junio-09	6,02	6,03	6,02	4,98	4,78	4,91	4,73	4,82	4,74	4,53	4,68	4,70	4,54	4,60	4,58	5,20	5,40	4,30	4,07
Julio-09	7,05	6,94	6,86	6,38	6,27	6,24	6,21	6,22	6,04	5,76	5,85	5,82	5,68	5,72	5,58	6,12	6,28	5,56	5,37
Agosto-09	7,01	6,94	6,83	5,93	5,83	5,79	5,76	5,77	5,60	5,54	5,58	5,56	5,46	5,43	5,37	6,03	6,14	5,18	4,99
Septiembre-09	6,87	6,86	6,81	5,82	5,73	5,74	5,68	5,69	5,54	5,43	5,46	5,44	5,35	5,34	5,31	5,98	6,16	5,03	4,87
Octubre-09	6,36	6,36	6,32	5,30	5,26	5,33	5,22	5,26	5,08	4,91	5,00	5,04	4,86	4,82	4,90	5,52	5,72	4,47	4,28
Noviembre-09	5,25	5,26	5,27	4,41	4,36	4,50	4,34	4,43	4,23	4,09	4,23	4,26	4,09	4,05	4,13	4,56	4,78	3,72	3,54
Diciembre-09	5,99	5,97	6,01	4,93	4,88	4,99	4,89	5,02	4,79	4,64	4,72	4,71	4,56	4,63	4,67	5,21	5,36	4,12	3,92
Enero-10	6,45	6,44	6,46	5,25	5,15	5,32	5,16	5,26	5,05	4,77	4,88	4,88	4,67	4,79	4,85	5,57	5,74	4,12	4,02
AÑO 2009																			
dirección predominante	O			ONO						ONO						O		ONO	
Promedio anual 2009	6,02	6,01	6,00	5,04	4,89	4,97	4,91	4,97	4,83	4,63	4,73	4,76	4,62	4,65	4,61	5,21	5,39	4,27	4,10
	mes menor velocidad promedio			mes mayor velocidad promedio						mes más cercano al promedio									

Tabla No. 11 Resumen de mediciones año 2009 – Proyecto Eólico Minas de Huascachaca Resultados de las mediciones por cada estación meteorológica (2009)

Estación 1

Altura	Promedio	Max (promedio 10min)	Max. Ráfaga	
20	5,95	21,02	28,06	(medido)
30	5,97	21,00	27,29	
40	5,98	21,17	27,36	
80	6,04	22,76		(calculado)

Estación 2

Altura	Promedio	Max (promedio 10min)	Max. Ráfaga	
30	4,87	19,05	27,31	(medido)
40	4,90	19,24	27,50	
50	4,95	19,36	27,65	
80	5,06	21,06		(calculado)

Estación 3

Altura	Promedio	Max (promedio 10min)	Max. Ráfaga	
30	4,66	17,70	25,73	(medido)
40	4,68	19,44	25,96	
50	4,61	19,53	25,91	
80	4,58	21,34		(calculado)

Estación 4

Altura	Promedio	Max (promedio 10min)	Max. Ráfaga	
15	4,11	18,12	29,49	(medido)
26	4,28	17,71	28,05	
80	4,69	19,48		(calculado)

Estación 5

Altura	Promedio	Max (promedio 10min)	Max. Ráfaga	
15	5,36	19,69	26,57	(medido)
26	5,18	19,85	26,63	
80	4,87	20,11		(calculado)

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	promedio anual
Temperatura [°C]													
# 001	20,87	21,07	21,68	22,11	21,98	21,66	22,77	22,43	22,74	22,01	21,41	21,72	21,87 °C
# 002	20,45	20,67	21,33	21,75	21,76	21,54	22,61	22,39	22,62	21,98	21,21	21,36	21,64 °C
# 003	20,75	20,93	21,55	21,96	21,89	21,64	22,61	22,36	22,63	22,08	21,44	21,62	21,79 °C
promedio	20,69	20,89	21,52	21,94	21,88	21,61	22,66	22,39	22,66	22,02	21,35	21,57	21,77 °C
Presión atmosférica [mbar]													
# 001	886,53	886,01	886,16	886,66	886,38	886,21	885,94	885,42	885,42	885,06	884,70	885,66	885,85 mbar
Humedad Relativa [%]													
# 001	62,30	69,10	69,20	62,70	55,80	51,20	44,70	41,10	42,40	46,60	52,30	59,00	54,70 %
Radiación solar NASA [W/m²]													
# 001		204,13	227,85	185,73	188,09	178,50	177,98	186,09	219,64	229,94	212,12	210,19	201,84 W/m²
Velocidad componente vertical (m/s)													
# 002		0,20	0,04	-0,16	-0,21	-0,30	-0,58	-0,34	-0,52	-0,24	-0,18	-0,39	-0,24 m/s
O													
# 001	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
# 002	NO	NO	ONO	ONO	ONO	ONO							
# 003	ONO	ONO	ONO	ONO									
# 004	NNO	NNO	NNO	NNO									
# 005	ONO	ONO	ONO	ONO									
Comparación Medición Radiación Solar Vs. Atlas Solar del Ecuador CIE													
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	promedio
CIE	4462,36	4382,33	4472,71	4197,43	4381,97	4479,69	4874,08	5053,10	5428,15	5356,85	5373,17	5204,01	4836,68 Wh/m ² /día
MEDIDO		4899,12	5468,40	4457,52	4514,16	4284,00	4271,52	4466,16	5271,36	5518,56	5090,88	5044,56	4844,20 Wh/m ² /día
discrepancia		11%	18%	6%	3%	-5%	-14%	-13%	-3%	3%	-6%	-3%	0,16%

Tabla No. 12 Resumen temperatura, presión, humedad, radiación solar

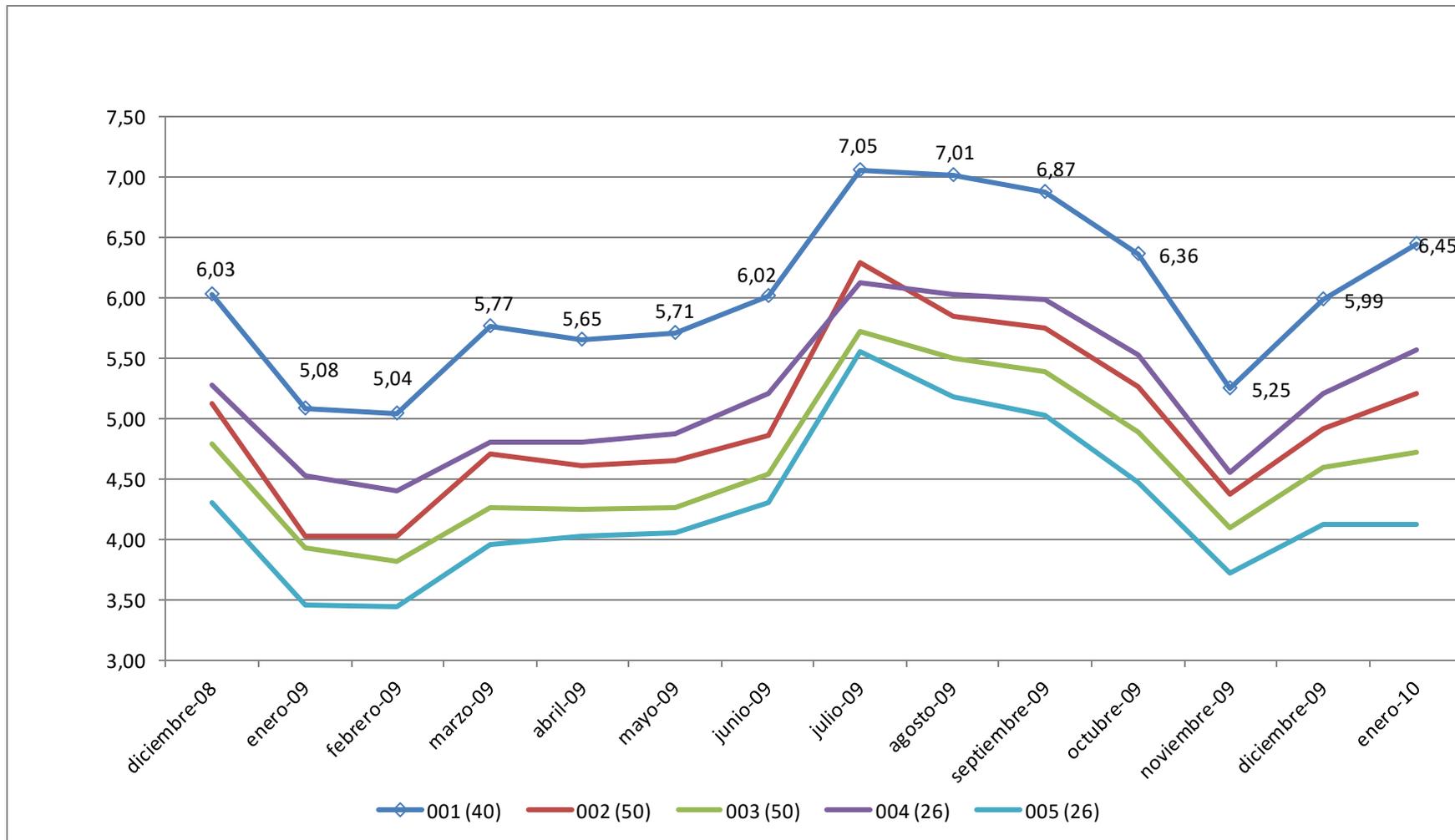


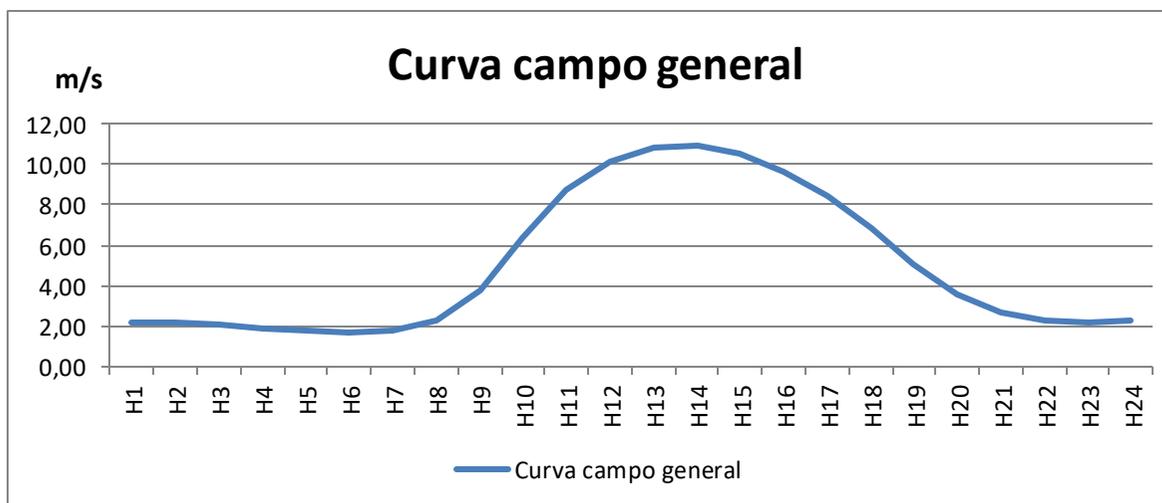
Figura No. 6 Comparativo velocidad del viento promedio por estación meteorológica

Los valores promedio no son muy altos, debido a que la distribución horaria del viento está concentrada entre las 10H:00 y las 20H:00

PROYECTO EÓLICO MINAS DE HUASCACHACA
PROMEDIO GENERAL DE MEDICIÓN DEL CAMPO EÓLICO - AÑO 2009
Distribución del viento - Datos altura máxima

SITIO	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	Diario
UCHUCAY 1	2,60	2,59	2,43	2,20	2,03	1,86	1,88	2,30	3,98	7,38	10,58	12,27	12,96	13,07	12,59	11,69	10,30	8,53	6,37	4,49	3,24	2,67	2,58	2,67	5,97
UCHUCAY 2	1,73	1,74	1,62	1,48	1,48	1,47	1,53	2,02	3,32	6,03	8,70	10,52	11,34	11,55	11,13	10,20	8,86	7,11	4,96	3,13	2,25	1,84	1,76	1,86	4,90
YULUG 50M	2,05	2,01	1,86	1,72	1,62	1,52	1,59	2,20	3,64	6,11	8,25	9,48	10,07	10,18	9,65	8,80	7,59	6,16	4,68	3,38	2,58	2,13	2,04	2,07	4,64
POLIG 26M	2,74	2,69	2,46	2,20	2,01	1,83	1,89	2,58	4,23	6,76	8,85	10,10	10,70	10,80	10,44	9,64	8,43	7,00	5,40	4,15	3,28	2,78	2,70	2,72	5,27
YULUG 26M	1,78	1,78	1,69	1,58	1,52	1,51	1,64	2,23	3,45	5,61	7,36	8,54	9,13	9,21	8,83	8,03	6,88	5,45	3,99	2,82	2,15	1,83	1,72	1,83	4,19
P.GENERAL	2,18	2,16	2,01	1,83	1,73	1,64	1,71	2,27	3,73	6,38	8,75	10,18	10,84	10,96	10,53	9,67	8,41	6,85	5,08	3,60	2,70	2,25	2,16	2,23	4,99
Prom:														8,30											

Tabla No. 13 Promedio general de velocidad a la altura mayor de las estaciones.



6. Resumen del potencial energético

El análisis del potencial energético se puede observar en el Volumen 5 de este informe.

El mapa de densidad de potencia permite ubicar los mejores sitios desde el punto de vista de potencia disponible para el área de análisis eólico. En general se seleccionaron emplazamientos con una densidad mayor a 200 W/m² como los más aptos para el aprovechamiento eólico. Sin embargo, también se consideraron otros factores como topografía del terreno, accesos, etc. al momento de la selección final.

También debe observarse que los mapas de densidad por naturaleza son estacionales y se corresponderán con mayor o menor precisión a la característica general del terreno según se tengan mayores o menores cantidades de datos históricos de viento disponibles por periodo.

En la siguiente tabla se relaciona la velocidad del viento con la densidad de potencia que varía desde 456 w/m² hasta 178 w/m². La información detallada se encuentra en los Anexos del Volumen 2 dentro de los resultados WAsP.

Estación	Metodología	Weibull-A	Weibull-k	Velocidad promedio	Densidad de potencia
001	Datos medidos(52560)	-	-	5,89 m/s	455 W/m ²
	Estándar	6,9 m/s	1,22	-	-
	Ajustada	6,8 m/s	1,39	6,24 m/s	456 W/m ²
	Emergente	-	-	6,14 m/s	456 W/m ²
	Combinada	6,7 m/s	1,35	6,14 m/s	455 W/m ²
002	Datos medidos(52560)	-	-	4,79 m/s	313 W/m ²
	Estándar	6,0 m/s	1,31	-	-
	Ajustada	5,5 m/s	1,24	5,14 m/s	313 W/m ²
	Emergente	-	-	5,19 m/s	313 W/m ²
	Combinada	5,6 m/s	1,26	5,19 m/s	314 W/m ²
003	Datos medidos(52560)	-	-	4,48 m/s	213 W/m ²
	Estándar	5,3 m/s	1,62	-	-
	Ajustada	5,2 m/s	1,36	4,79 m/s	213 W/m ²
	Emergente	-	-	4,73 m/s	213 W/m ²
	Combinada	5,2 m/s	1,33	4,73 m/s	213 W/m ²
004	Datos medidos(52560)	-	-	4,14 m/s	178 W/m ²

	Estándar	5,3 m/s	1,62	-	-
	Ajustada	4,7 m/s	1,28	4,36 m/s	178 W/m ²
	Emergente	-	-	4,43 m/s	178 W/m ²
	Combinada	4,8 m/s	1,32	4,43 m/s	178 W/m ²
005	Datos medidos(52560)	-	-	5,08 m/s	259 W/m ²
	Estándar	6,1 m/s	1,62	-	-
	Ajustada	5,9 m/s	1,49	5,37 m/s	260 W/m ²
	Emergente	-	-	5,26 m/s	260 W/m ²
	Combinada	5,8 m/s	1,43	5,26 m/s	260 W/m ²

Que se puede comparar con los resultados de las mediciones de INECCEL en el Anexo 1.2 de este Volumen.

7. Configuración del campo eólico propuesto. Ubicación, equipos, producción

En el Volumen 6 se presentan los resultados de micrositing que permite ubicar las máquinas generadoras y la producción estimada de energía.

Para esto se realizó un catálogo de generadores disponibles que se constituye en una poderosa herramienta para conocer el mercado mundial de los mismos. Se describe la tecnología y se presentan las principales características de las máquinas eólicas.

La selección se realizó después de estudiar las características de varias máquinas y de realizar una modelación de micrositing con muchas de ellas para conocer su capacidad de producción de energía y, en asocio con el patrón de viento existente, determinar el posible factor de planta de cada una. El criterio técnico primario fue la combinación de capacidad de producción y factor de planta de tal manera que las máquinas seleccionadas (en número de cuatro en el rango de 800 kw y de 2000 kw) serían las más apropiadas para el sitio. El criterio de selección secundario fue la realización de una simulación económica rápida para determinar cuál de los dos rangos era el más apropiado. Ver Volumen 6.

Hipótesis:

	kW Generador	Capacidad del parque Mw	Inversión aproximada M\$	Energía producida anual Mwh
Caso 1	850	31.5	58.4	62,550
Caso 2	2000	50	82.9	100,844

Con estos datos se calcula:

Inversión específica: Caso 1 1.85 M\$/Mw Caso2 1.65 M\$/Mw

Inversión/Producción: Caso 1 0.93 M\$/Mwh Caso 2 0.82 M\$/Mwh

TIR: Caso 1 -1.9% Caso 2 +0.9%

Relación B/C Caso 1 0.33 Caso 2 0.85

Se observa que la configuración de 25 turbinas de 2.000 kW tiene mejores perspectivas desde un punto de vista económico que la configuración de 850 kW. Este análisis considera condiciones iguales, para los dos casos, de condiciones de financiamiento y plazos. No sustituye el análisis económico que se presenta en el Volumen 12 de este informe.

En consecuencia se escogió la máquina de 2 Mw para posterior análisis.

La ubicación de las máquinas en el terreno (Ver Volumen 13) permitió seguir adelante con los estudios de vías, fundaciones, circuitos eléctricos etc.

8. Resumen eléctrico

El estudio eléctrico se puede encontrar en el Volumen 8. Está constituido por los siguientes temas:

Circuitos de Media Tensión.

Las 25 turbinas eólicas producirán energía eléctrica a 690 V y cada una contará con un centro de transformación en la base de la torre que elevará el voltaje a 36 kV. Los circuitos internos que interconectaran a todo el parque con la subestación serán subterráneos en su gran mayoría y un tramo aéreo.

Subestación de Elevación.

En la S/E de elevación Uchucay se recibirá toda la energía generada en el parque eólico y se encargará de elevar el voltaje de 36 kV a 138 kV. La S/E contará con dos transformadores trifásicos con capacidad de 20/26,67/33,33 MVA (OAF/FOA). La subestación de elevación además contará con todas las protecciones necesarias para que la energía generada en el parque eólico sea inyectada al SIN de forma segura y confiable.

Línea de Transmisión

La interconexión con el SNI se realizará con la línea Cuenca-Loja perteneciente a CELEC E.P. TRANSELECTRIC, en la estructura N° 134. Esta línea opera a 138 kV con un solo circuito actualmente y con doble hilo de guarda. La conexión se realizará seccionando la línea y conectando a cada uno de los extremos un circuito trifásico de 22,5 km de iguales características que la línea a conectarse. Cuando la línea de Transelectric se convierta a doble circuito, la línea a Huascachaca también operará con doble circuito. En las condiciones actuales previstas la confiabilidad del sistema será menor, aunque similar a la de la instalación existente. Esto implica que a futuro habrá que diseñar y construir una estación de seccionamiento en el sitio de la torre No. 134 mencionada.

SCADA

El parque eólico, incluyendo la S/E de elevación, estará comandado por un SCADA que permitirá realizar la operación de todas las instalaciones del proyecto de forma local o remota. El SCADA brindará total control en todas las funciones y permitirá tener acceso a los eventos y reportes generados en cualquier instante. Contará con un UTR en cada uno de los aerogeneradores, en los mástiles meteorológicos y en la subestación. Toda esta información se receptorá en el computador SCADA ubicado en la S/E. La transmisión de datos con ELECAUSTRO y el CENACE se lo realizará mediante fibra óptica utilizando el cable de guarda OPGW con que cuenta la línea Cuenca-Loja del SNI. Las especificaciones funcionales del sistema SCADA se las puede ver en el Volumen 9.

Subestación de elevación

La S/E de elevación estará ubicada en las cercanías a la población de Uchucay, la misma pertenece al cantón Saraguro, provincia de Loja. Por la cercanía con dicha población la S/E de elevación llevará el nombre de S/E Uchucay. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la S/E son las siguientes: 682.694E; 9°627.957N.

En la S/E Uchucay se elevará el voltaje de 36 kV a 138 kV, mediante dos transformadores trifásicos de capacidad 20/26,67/33,33 MVA (OAF/FOA). La barra de 36 kV será de tipo interior ubicada en la sala de control y estará conformada por tableros de entrada y salida acoplados entre sí; desde este lugar, mediante cables subterráneos, se alimentará a los dos transformadores ubicados en el patio de la subestación. El nivel de 138 kV estará conformado por dos barras (principal y transferencia) y se tendrá dos bahías de transformador, dos de línea y una de transferencia.

Además de su función de elevación, la S/E contará con todos los equipos para protección, medición y monitoreo del parque eólico. Este será el punto de enlace entre el parque eólico y el SNI.

Alternativas para la Interconexión

Las alternativas consideradas para la interconexión del parque eólico con el sistema eléctrico han sido seleccionadas debido a su proximidad con el proyecto. Las opciones a considerar son las siguientes:

Alternativa 1: Interconexión con la línea de transmisión Cuenca-Loja perteneciente al Sistema Nacional Interconectado de Transelectric S.A. Esta línea opera a 138 kV, de todo el SNI es la más cercana al proyecto y la estructura N° 134 perteneciente a la mencionada línea es la más cercana a aproximadamente 22.5 km. de distancia como lo certifica TRANSELECTRIC S.A. Ver Volumen 8.

Alternativa 2: Interconexión con la subestación de distribución Lentag, perteneciente a la Empresa Eléctrica Centro Sur. La subestación de Lentag tiene un voltaje de 69 kV y se encuentra aproximadamente a 16 km. de distancia.

Esta opción ya fue analizada en el estudio de prefactibilidad realizado por la CIE en Abril de 2004.

Alternativa 3: Interconexión con la futura subestación Uzhcurrumi, perteneciente al proyecto hidroeléctrico Minas del Río Jubones. Esta subestación se encuentra a una distancia aproximada de 25 km y tendrá un voltaje de 230 kV.

La alternativa finalmente escogida es la No. 1, o sea conexión a la línea Cuenca Loja por ser la más conveniente.

Estudio de flujos de potencia y cortocircuitos

El estudio de flujos ha permitido identificar la importancia que tendrá la futura generación principalmente para las provincias australes del país.

El estudio se lo realizó planteando dos escenarios: en el primer caso se simuló al sistema tal como se comportó el 17 de diciembre, para el segundo caso se planteó un comportamiento hipotético para analizar como hubiera operado el sistema con la incorporación del parque eólico. Se realizaron las simulaciones de corridas de flujo en las diferentes horas del día en que la generación del Parque Eólico Huascachaca estaría disponible, esto es desde las 9h00 hasta las 17h00. De esta manera se estableció el eventual comportamiento del sistema con la adición de la energía eólica para demanda mínima (9h00), demanda máxima (17h00) y la transición de mínima a máxima (10h00 a 16h00). Los datos de generación y carga para cada una de las horas analizadas se realizaron con valores reales proporcionados por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

El estudio de corto circuito ha permitido determinar la magnitud de las corrientes de falla que se producirían para corto circuito trifásico y monofásico. Esta información se tendrá que confirmar una vez que se tenga las características eléctricas de los aerogeneradores seleccionados para el proyecto.

Escenario 2		
Ubicación de la falla	C.C. Trifásico	C.C Monofásico
S/E Cuenca	Skss=3110,0 MVA Ikss=13,01 kA	Skss=1140,8 MVA Ikss=14,32 kA
S/E Loja	Skss=370,7 MVA	Skss=122,4 MVA

	Ikss=1,55 kA	Ikss=1,54 kA
S/E Uchucay barra 138 kV	Skss=724,4 MVA Ikss=3,03 kA	Skss=275,8 MVA Ikss=3,46 kA
S/E Uchucay barra 36 kV	Skss=624,8 MVA Ikss=10,02 kA	Skss=200,7 MVA Ikss=9,65 kA

Calidad de energía y estabilidad con el ingreso de generación eólica.

La determinación de la potencia de corto circuito nos permite determinar que tan robusta es la red, con Skss (Potencia aparente de corto circuito) de 724.4 MVA el índice de robustez del sistema es de 14.48. Esto es importante para determinar si el SIN (Sistema Nacional Interconectado) en el punto de conexión es apto para recibir la energía de Huascachaca sin mayor problema. Cuando se realice el estudio definitivo podría hacerse un estudio mucho más avanzado de las condiciones de estabilidad y calidad de la energía entregada por el parque eólico. Debido a las características propias de generación que presentan la energía eólica se debe ejercer un correcto control sobre el voltaje de generación. Los sistemas actuales de control de las turbinas ya cuentan con sistemas basados en la electrónica de potencia que permiten mantener una estabilidad de voltaje confiable.

9. Resumen ambiental

Las características del proyecto del Parque Eólico “Minas de Huascachaca”, las condiciones actuales del entorno del sitio del proyecto, la evaluación de los impactos ambientales identificados y el Plan de Manejo Ambiental, han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

Los criterios utilizados en el presente estudio, en lo que respecta con niveles de emisión e inmisión de ruido desde parques eólicos, afectaciones al paisaje, interferencias electromagnéticas, regulaciones para trabajo seguro en el montaje y operación de aerogeneradores, zonas de flujo y de actividades productivas, entre otras; corresponden a lineamientos y normativas utilizadas principalmente con experiencias del extranjero puesto que la legislación nacional tanto en su parte ambiental como en la parte técnica cubre solamente en forma parcial los ámbitos de un desarrollo eólico.

La operación del parque eólico, no producirá emisiones contaminantes al ambiente (Energía Limpia).

La operación del proyecto implicará reducciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Se espera una reducción de aproximadamente 61.889 toneladas de CO₂ (Ver Volumen 10)

El Parque se emplazará en una zona (14 Ha.) donde solo existe vegetación xerofílica de poca singularidad relevante y de bajo valor paisajístico totalmente habitado, no

habiendo ninguna incompatibilidad con otro uso, ya que el suelo no ha sido de uso para agricultura ni para vivienda.

La flora de la zona del proyecto está representada por especies endémicas donde ninguna de las presentes e identificadas, está categorizada como especies amenazadas, porque hay una población estable dentro de la región.

De igual manera, la Fauna, está representada por especies endémicas, y ninguna se encuentra en peligro, puesto que no están dentro de las categorías de amenazas nacionales (Granizo 2002) ni de las internacionales (Birdlife 2004).

De acuerdo al diagnóstico ambiental de la línea base realizado, ya existe cierto nivel de contaminación atmosférica manifestado por concentraciones de contaminantes en el aire (partículas PM-10) y niveles de ruido ambiental, ambos de origen natural (erosión, viento, actividades de explotación pétreo, etc.).

El análisis ambiental concluye que con respecto al paisaje el impacto es **alto**, partiendo de que el proyecto se ubica en una zona de bajo valor paisajístico. Subjetivamente puede ser positivo.

En cuanto a las aves, en virtud que no hay paso de aves migratorias, tal impacto será mínimo, pero al momento, no se puede establecer el real impacto y se deberán plantear estudios más dedicados al respecto, los que se complementarán con actividades de monitoreo en la fase de operación del parque.

El proyecto generará una serie de impactos positivos, como la fomentación de empleo, fortalecerá en capacitación al personal a ser empleado en la fase de construcción, operación y mantenimiento, incrementará las reservas de hidrocarburos fósiles que alimentan a las centrales térmicas y permitirá diversificar la matriz energética del país.

De acuerdo a la Evaluación, Identificación y Jerarquización de Impactos, se ha establecido que las etapas del proyecto producirán impactos positivos y negativos, siendo éstos últimos de una importancia irrelevante a moderada en la mayoría de los casos.

Los principales problemas socio-ambientales de los pobladores del área de influencia del proyecto son la falta de empleo, carencia de agua para riego y consumo (potable), contaminación ambiental, etc. En virtud de ello, se ha considerado un plan de medidas Compensatorias que contribuirá a enfrentar dichos problemas.

Como conclusión final podemos aseverar que las actividades del Proyecto, tendrán un potencial de impacto ambiental calificado con Moderado Riesgo Ambiental, cuyos potenciales impactos ambientales son Significativos, pero para su mitigación o compensación se aplicarán Medidas No complejas, resultando de esta manera VIABLE la implementación del Proyecto.

10. Resumen de costos

Los costos de inversión asociados con el proyecto, ver Volumen 11, se resumen en la siguiente tabla:

Concepto	PRECIO TOTAL sin IVA USD \$	%	Fiscalización e ingeniería	
			%	\$
Preliminares	204.021	0,23		
Estudios Definitivos	426.116	0,47	0,08	34.089
Turbinas	63.006.100	70,22	0,01	630.061
Vías de acceso	5.708.354	6,36	0,08	456.668
Fundaciones	5.296.498	5,90	0,08	423.720
Plataformas	204.100	0,23	0,08	16.328
Circuitos de media tensión	785.903	0,88	0,08	62.872
Subestación de elevación	4.937.320	5,50	0,03	148.120
Línea de transmisión	2.609.940	2,91	0,04	104.398
SCADA y comunicaciones	312.169	0,35	0,08	24.974
Ambiental en la etapa de inversión	150.000	0,17	SUMA	1.901.229
Subtotal	83.640.521	93,22		
Contingencias 5%	4.150.519	4,63		
Fiscalización e ingeniería	1.901.229	2,12		
Compra de Terreno	32.180	0,04		
Total	89.724.449	100		

Los costos anuales de operación y mantenimiento serían los siguientes:

Concepto	PRECIO TOTAL sin IVA USD \$	
Seguros	622.014	38%
Mantenimiento línea (3%)	80.458	5%
Mantenimiento Subestación (3%)	149.920	9%
Mantenimiento parque eólico	339.742	21%
Personal técnico y mano de obra	170.513	11%
Seguridad	48.000	3%
Monitoreo MDL	10.000	1%
Beneficios comunitarios	20.000	1%
Administrativos	100.750	6%
Contingencias (5%)	77.070	5%
Total	1.618.467	100%

11. Resumen del estudio económico financiero

Energía producida

Para este análisis se usa la información de Micrositing descrita en el Volumen 6 que a su vez se sustenta en las mediciones realizadas durante doce meses en el campo. Se ha seleccionado 25 máquinas de dos Megawatios sobre torres de 68.5 metros, que en conjunto generan 100.750 Mwh por año. La energía neta, luego de las pérdidas, es de **95.770 Mwh/año** (incluye pérdidas de transmisión)

Precio de venta

El precio de venta de la energía a ser generada en el parque eólico está establecido en la Regulación 004/11:

Primeros 15 años: 91.3 USD/Mwh
Sigüientes 10 años: 66.9 USD/Mwh³

Aplicación MDL

La producción esperada del proyecto eólico “Minas de Huascachaca” es de 95,773 GWh/año por lo que la reducción de emisiones es:

$$EB = 0,64621 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} \times 95.773 \text{ MWh/año}$$

$$EB = 61.889 \text{ tCO}_2 / \text{año}$$

El factor de emisión ha sido tomado de los estudios de CORDELIM – DEUMANN y la metodología se describe en el Volumen 10-2 de este informe.

En el mismo Volumen 10-2 se determina la forma de cálculo de la reducción de emisiones.

Para el análisis se han considerado tres períodos de 7 años de aplicación.

³ El precio de 66,90 US\$/MWh es el precio promedio al cual ELECAUSTRO S.A. vendió su energía en el mercado ocasional durante el 2008, este valor se lo obtuvo de las estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano editado por el CONELEC.

Hipótesis para el análisis económico financiero

Al funcionar ELECAUSTRO como empresa pública está exenta de impuestos, por lo tanto éstos no serán tomados en cuenta en las simulaciones.

Casos que serán considerados:

1. **A Caso Base**; inversión estatal sin financiamiento; Tasa de Descuento 0%; inversión escalonada 40% primer año, 60% segundo año; CONELEC 004/11
2. **B Caso Base sin MDL**: inversión estatal sin financiamiento; Tasa de Descuento 0%; inversión escalonada 40% primer año, 60% segundo año; CONELEC 004/11
3. **C Caso Base con TD 3,5%**. inversión estatal sin financiamiento; Tasa de Descuento 3,5%; inversión escalonada 40% primer año, 60% segundo año; CONELEC 004/11
4. **D Caso Base con financiamiento 70%**, 10% de interés y 15 años; Tasa de Descuento (WACC) 6.7%. CONELEC 004/11
5. **E Caso Base con costos incrementados en 10%**; ; inversión estatal sin financiamiento; Tasa de Descuento 0%; inversión escalonada 40% primer año, 60% segundo año; CONELEC 004/11
6. **F Caso Base con ahorros de combustibles**: simulación del efecto de sustitución de combustibles en la generación. Si se inyecta al sistema 95.750 Mwh al año en el período desde las 10H:00 hasta las 18H00 (que es el tiempo en que la planta produce la energía diariamente) se podría tener una sustitución de diesel equivalente a 7.021.842 galones (dato calculado en CENACE) en las condiciones actuales. Suponiendo que en el período de vida del proyecto, solamente la mitad se sustituyera, se tendría un ahorro para el estado de aproximadamente \$11.082.000 al año, considerando un precio del diesel de \$3.15 por galón. Esto equivaldría a tener un valor de la energía de 115.7 \$/Mwh. Con éste más el costo de producción

estimado⁴ en 64.75 \$/Mwh se tendría un valor virtual de 180.45 \$/Mwh que se usa para el cálculo.

Resultados

	A	B	C	D	E	F
INVERSIÓN	86.879.614	86.879.614	86.879.614	86.879.614	95.567.575	86.879.614
CAPITAL	100%	100%	100%	30%	100%	100%
FINANCIAMIENTO				70%		
INTERÉS				8%		
PLAZO (AÑOS)				15		
TASA DE DESCUENTO	0%	0%	3,50%	6,70%	0%	0%
PRECIO DE VENTA (\$/Mwh)⁵	91,3/66,9	91,3/66,9	91,3/66,9	91,3/66,9	91,3/66,9	180,45
TIR Capital %	6,09%	5,16%	6,09%	4,4%	5,04%	17,26%
VAN Capital M\$	76,6	63,6	21,4	-9,9	67,9	NS ⁶
TIR Proyecto %	6,09%	5,16%	6,09%	6,09%	5,04%	17,26%
VAN Proyecto M\$	76,6	63,6	21,4	-10,6	67,9	NS ⁷
B/C	1,88	1,73	1,23	0,45	1.71	4,63

12. Conclusiones

1. Las mediciones de viento, (si bien se presentaron algunos inconvenientes de alineación de veleta, nomenclatura, medición de humedad que fueron corregidas), han sido satisfactorias y han generado una base de datos de velocidad, dirección de viento y otros parámetros bastante extensa con mediciones cada diez minutos durante un año (2009). Por seguridad y con el objeto de caracterizar mejor el parque eólico se requiere, por lo menos, un año más de mediciones.
2. El viento tiene un patrón diario muy marcado. Sobrepasa los 4 m/s desde las 10H:00 hasta las 19H:00 ó 20H:00, período en el cuál el promedio de velocidad es de aproximadamente 8.3 m/s con promedios horarios máximos de 13 m/s. El promedio general de toda la zona está en 4.99 m/s a la altura mayor de las torres de medición. De aquí se obtiene un factor de planta de aproximadamente 22-23% que está en el límite inferior de lo usual para parques eólicos (20 a 40%). El factor de planta estimado en el estudio de pre factibilidad fue de 23%.

⁴ Valor estimado mediante simulación en RETSCREEN v.4

⁵ El primer precio se aplica durante los primeros 15 años. Luego (10 años) se aplica el segundo precio

⁶ No tiene sentido práctico

⁷ No tiene sentido práctico

3. La orografía del sitio es compleja lo que genera (a más de las dificultades y los costos de acceso) factores de turbulencia altos que deberán ser considerados por los fabricantes de las turbinas, adicionalmente el coeficiente de cizallamiento (windshear) tiene valores muy bajos, incluso negativos. Esto posiblemente se debe a las características del sitio. No se puede asegurar que a más altura se tendrá mayor velocidad ni cuál es el comportamiento a 70 – 80 metros. Parecería, con los datos que se tienen, que la altura de la torre no es tan relevante en cuanto a producción de energía.
4. El análisis de producción y el micrositing (ubicación de las máquinas en sitio) han sido realizados mediante la herramienta WAsP (estándar en este tipo de análisis). Las condiciones dinámicas del viento y sus efectos podrían estudiarse con modelos mucho más sofisticados que la CIE no dispone. Sería conveniente realizar esta modelación durante la realización de los estudios definitivos y con una base mayor de mediciones.
5. La selección de las posibles máquinas a usar se realizó en base a criterios técnicos de producción y factor de planta afinándose luego con una rápida simulación económica. La que mejor características presenta es la máquina de 2 Mw similar a REpower MM92 con la que se realizaron los análisis posteriores de micrositing y análisis económico.
6. Para la selección final de las turbinas deberían solicitarles a los posibles fabricantes lo siguiente: Presentar certificación IEC de que las turbinas son aptas para el sitio, tecnología detallada de las turbinas, historial de uso de estas turbinas en terrenos similares, tiempos de entrega, rutinas y contratos de mantenimiento, curvas garantizadas de Potencia – velocidad de viento, disponibilidad, garantías.
7. Se debe considerar que actualmente los tiempos de entrega de turbinas eólicas, debido a la gran demanda mundial, está en el orden de dos y tres años después de realizar pagos anticipados. El tiempo de desarrollo del parque, considerando un año más de medición y dos años de fabricación puede llegar a superar los cinco años.
8. Desde el punto de vista ambiental el proyecto tendría una calificación positiva ya que los impactos durante la construcción son remediabiles y no existen impactos que presionen al ambiente y a las personas durante la operación. Sería indudablemente un atractivo en la zona que crearía fuentes de trabajo turístico. Se han establecido las bases suficientes para que en caso de continuar adelante puedan hacerse las gestiones de inscripción del proyecto dentro de los mecanismos de desarrollo limpio, MDL.
9. Se usó la Regulación CONELEC 004/11, denominada “Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”, aprobada por el Directorio del CONELEC, mediante Resolución No. 023/11 en sesión de 14 de abril de 2011 y que sustituye a la Regulación CONELEC 09/04 cuya vigencia terminó en Diciembre del 2008.

10. La Corporación para la Investigación Energética considera que este estudio, a pesar de haber sido realizado con la profundidad del caso, no es concluyente en cuanto a definir la factibilidad financiera del parque eólico Huascachaca. Se impone la realización de estudios más avanzados, que cuenten con por lo menos dos años de medición, que permitan asegurar los dos parámetros más importantes en la determinación de la Tasa de Retorno del Proyecto: la energía posible de producir y los costos reales de inversión. Si se atiende solamente a la rentabilidad social (económica), con un financiamiento totalmente estatal, el proyecto es factible de realizar.
11. El proyecto eólico es bueno en la medida que es energía limpia que desplaza energía térmica, ahorra la importación de combustibles, podría ayudar a conservar agua en los embalses hidráulicos y los costos de producción son bajos en la medida que el viento no cuesta. Sin embargo, ELECAUSTRO deberá hacer análisis comparativos con proyectos hidroeléctricos que tendrían las mismas características positivas. El costo estimado de inversión para este proyecto es de aproximadamente US\$ 1.800 por kW que podría ser similar al de un hidroeléctrico pero con un factor de planta de solamente 22%

ANEXOS

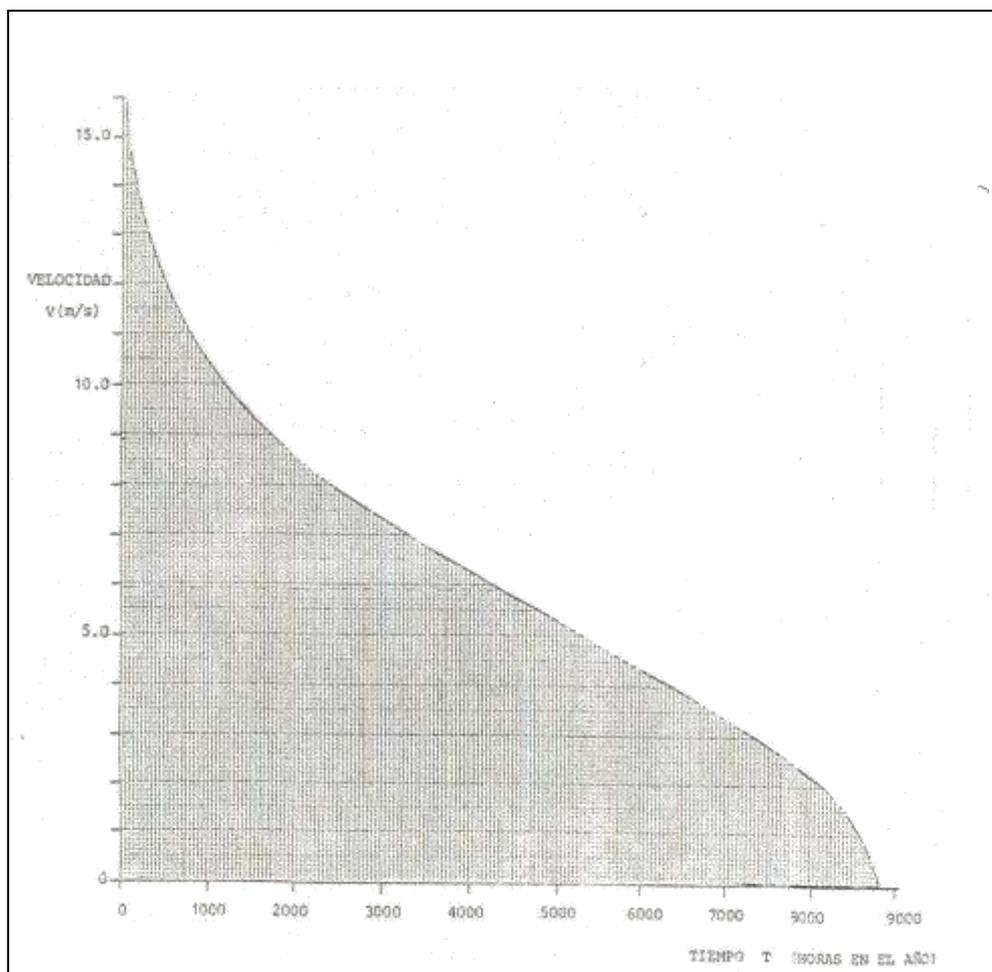
ANEXO 1.1

INFORMACIÓN DE INECEL

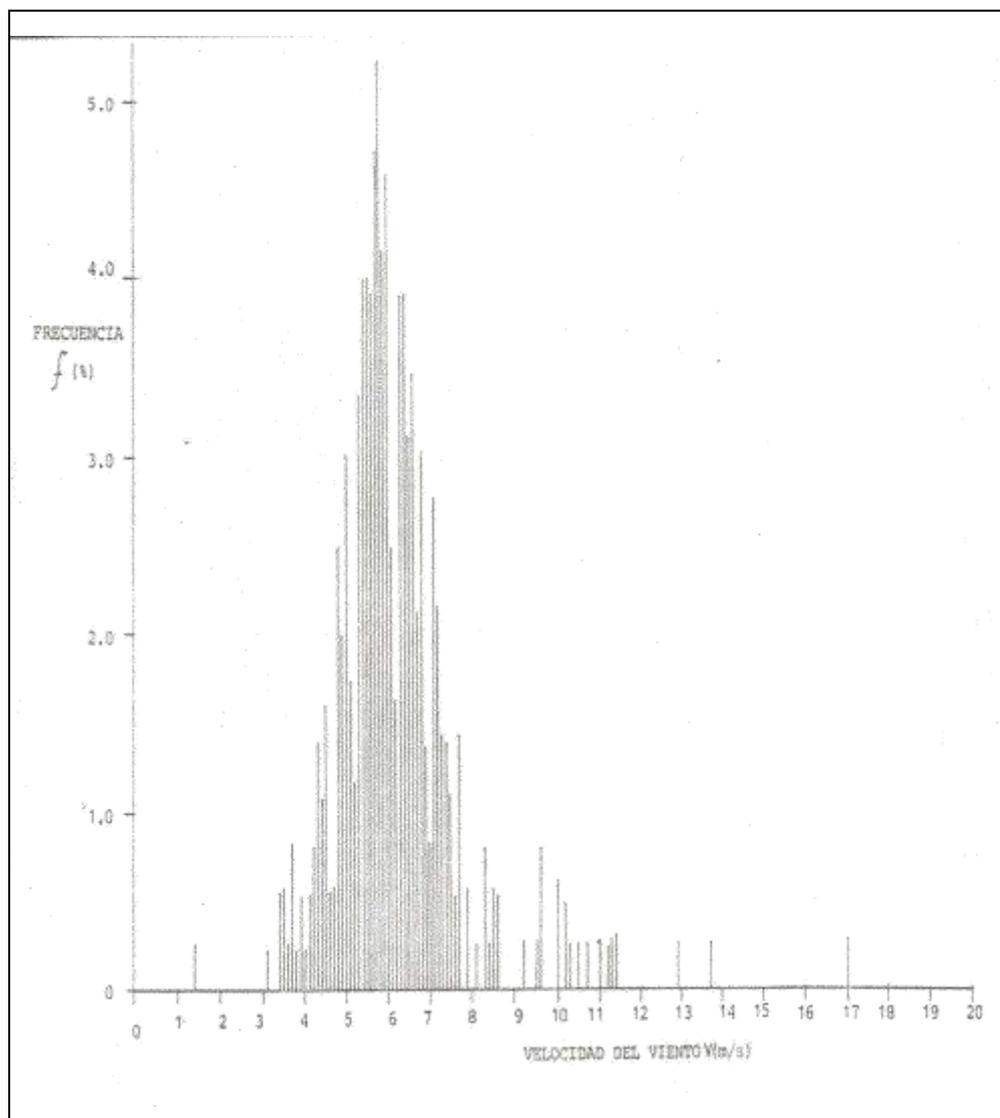
CURVA DE DURACIÓN DE VELOCIDADES DEL VIENTO

ESTACION METEOROLÓGICA: MINAS DE Huascachaca

PERIODO: Enero 78 a Diciembre 80



DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE VELOCIDAD
ESTACION METEOROLÓGICA: MINAS DE Huascachaca
PERIODO: 1980

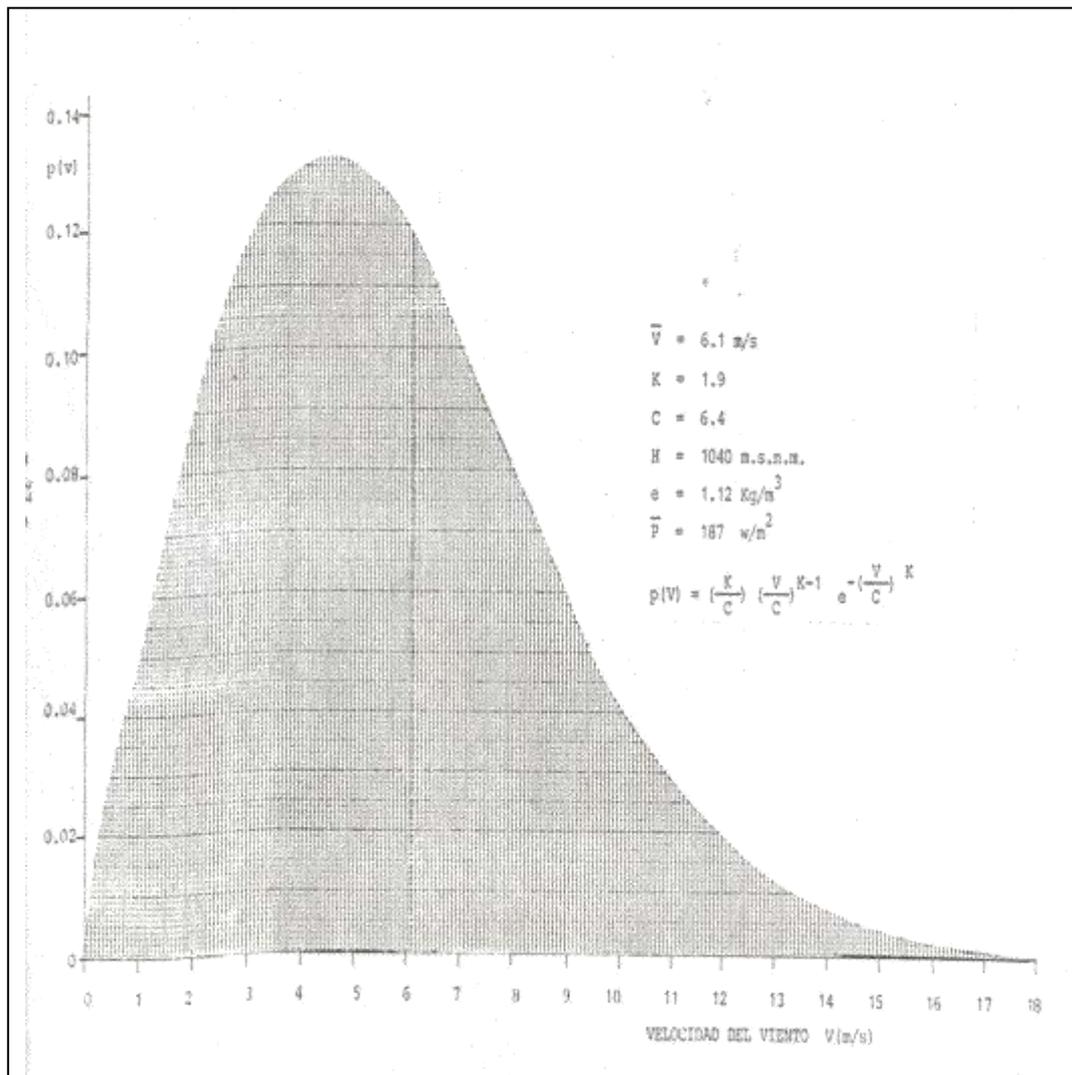


CURVA DE PROBABILIDADES DE VELOCIDAD DE VIENTO

DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

ESTACION METEOROLÓGICA MINAS DE Huascachaca

PERIODO: AGO 1977 – MAR 1981



ANEXO 1.2

INFORMACIÓN DE INECEL

Datos de INECEL Estación Minas de Huascachaca (1977 – 1981)

**EVALUACION DEL POTENCIAL EOLICO
ESTACION : MINAS DE HUSCACHACA
VELOCIDAD MEDIA HORARIA (m/s)
PERIODO: AGO. 1977 - MAR 1.981**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1977								6,24	7,34	6,56	6,00	6,19	
1978	6,28	6,33	5,63	5,42	5,04	5,71	6,07	8,15	5,68	6,05	6,04	5,77	6,01
1979	2,25	5,93	5,20	5,38	5,11	6,43	5,71	6,01	5,77	5,91	5,85	6,39	5,94
1980	5,80	5,83	6,02	5,61	6,65	6,12	7,21	7,11	7,09	5,40	6,23	6,23	6,23
1981	5,95	5,64	5,50										
TOTAL	5,93	5,91	5,53	5,46	5,26	6,08	6,42	6,35	6,42	6,08	6,01	6,10	5,97

DENSIDAD DE POTENCIA MEDIA ANUAL (Kw/m²)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1977								0,351	0,517	0,398	0,372	0,312	0,38
1978	0,294	0,233	0,162	0,189	0,166	0,230	0,283	0,493	0,224	0,284	0,327	0,252	0,261
1979	0,212	0,241	0,172	0,215	0,190	0,345	0,620	0,289	0,330	0,339	0,388	0,413	0,313
1980	0,269	0,728	0,259	0,209	0,226	0,285	0,587	0,463	0,527	0,346	0,906	0,368	0,389
1981	0,294	0,198	0,182										0,227
TOTAL	0,269	0,225	0,194	0,304	0,194	0,286	0,497	0,399	0,400	0,342	0,498	0,336	0,320

DENSIDAD DE ENERGIA MEDIA ANUAL (Kwh/m²)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1977								261,1	334,8	296,0	267,7	231,9	
1978	218,6	156,9	116,8	136,2	123,7	165,4	210,9	366,6	161,2	197,8	227,5	187,5	2268,8
1979	157,9	161,9	128,1	154,8	141,5	248,4	461,1	173,3	237,4	219,9	279,4	307,3	2670,8
1980	199,8	158,4	193,0	150,5	157,1	164,1	408,5	344,8	379,4	249,1	658,2	274,1	3331,2
1981	222,6	95,1	135,6										
TOTAL	199,7	143,1	143,4	147,2	140,8	192,6	360,2	186,4	178,2	240,7	356,7	150,2	2740

DENSIDAD DE POTENCIA MEDIA ANUAL PARA VELOCIDADES MAYORES + 5 m/s (kw/m²)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1977								0,642	0,842	0,689	0,699	0,535	
1978	0,464	0,352	0,302	0,350	0,356	0,445	0,523	0,710	0,446	0,541	0,610	0,464	0,464
1979	0,374	0,403	0,33	0,425	0,386	0,568	0,974	0,546	0,719	0,663	0,809	0,737	0,578
1980	0,500	0,416	0,447	0,385	0,446	0,491	0,974	0,756	0,868	0,669	1,789	0,628	0,697
	0,546	0,332	0,337										
TOTAL	0,671	0,376	0,354	0,387	0,39	0,501	0,824	0,664	0,705	0,654	0,976	0,591	0,574

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1977								256,3	331,1	290,9	261,6	224,5	
1978	210,5	150,8	108	129,3	117	160,6	206,1	364,2	155,3	193,1	220,7	128,8	2194,6
1979	148,1	154,1	119,6	147,3	136	243,6	452,7	169,2	232,2	215,8	274,1	300,7	2598,8
1980	191,1	148,1	184,3	143,8	151	159,9	405,1	341,6	374,1	243,6	646,0	267,4	3256,1
1981	214,5	89,6	127,3										
TOTAL	191,0	135,6	134,8	140,3	134,7	188,0	356,3	282,8	273,2	235,8	350,6	242,8	2666,0

ANEXO 1.3

ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS

ESTACIONES CERCANAS



Nombre de la Estación	Tipo	Zona Hidrográficaf	Latitud	Longitud	Altura	Provinc	Instituto
ACHIOTE (PREDESUR)	PV		30°50'45" S	79°37'30" W	1060	LOJA	PREDESUR
ALAMOR	PV	210	4°12" S	80°17" W	1300	LOJA	INAMHI
AMALUZA	CO	210	4°35'7" S	79°25'28" W	1760	LOJA	INAMHI
ARENALES COLA DE SAN PABLO	CP	280	2°34'37" S	78°33'0" W	2200	AZUAY	INECEL
BUENA VISTA	PV	200	3°53'15" S	79°42'45" W	1020	LOJA	PREDESUR
BUENOS AIRES AZUAY	PG	280	2°52'0" S	78°3'50" W	2810	AZUAY	INECEL
CAJANUMA	PV	210	4°3'55" S	79°11'40" W	2380	LOJA	PREDESUR
CARIAMANGA	CO	210	4°19'38" S	79°33'45" W	1960	LOJA	INAMHI
CATACocha	PV	210	4°3'7" S	79°38'29" W	1840	LOJA	INAMHI
CAZADEROS	PV	200	4°5'0" S	80°28'30" W	290	LOJA	PREDESUR

Nombre de la Estación	Tipo	Zona Hidrograf	Latitud	Longitud	Altura	Provinc	Instituto
CHAGUARGUYACO	PV	200	4°1'0" S	80°18'40" W	290	LOJA	PREDESUR
CHAGUARPAMBA	PV	200	3°52'15" S	79°38'25" W	1270	LOJA	PREDESUR
CHANGAJIMINA	PV	210	4°5'0" S	80°28'20" W	290	LOJA	PREDESUR
CHAUCHA	PG	170	2°54'45" S	79°25'0" W	1880	AZUAY	INECEL
COCHAPANBA-QUINGEO	PG	280	3°0'13" S	78°55'15" W	2760	AZUAY	INECEL
COLAISACA	PV	210	4°19'0" S	79°41'56" W	2520	LOJA	INAMHI
CUMBE	PV	280	3°4'58" S	79°0'46" W	2720	AZUAY	INAMHI
EL CISNE	PV	210	3°51'0" S	79°25'26" W	2340	LOJA	PREDESUR
EL LABRADO	CO	280	2°43'58" S	79°0'29" W	3335	AZUAY	INAMHI
EL LIMO	PV	200	3°59'0" S	80°7'30" W	1150	LOJA	PREDESUR
EL LUCERO	PG	210	4°23'54" S	79°26'1" W	1200	LOJA	INAMHI
EL PAN	PV	280	2°47'3" S	78°40'1" W	2570	AZUAY	INAMHI
EL PRADO	PV	200	3°49'10" S	79°34'16" W	930	LOJA	PREDESUR
EL TAMBO	PV	210	4°4'25" S	79°18'0" W	1580	LOJA	PREDESUR
ESTACION EXP. DE MACHALA	PV	180	3°18'0" S	79°55'0" W		EL ORO	D.N.BANANO
GIMA	PV	280	3°11'34" S	78°57'7" W	2770	AZUAY	INECEL
GIRON	PV	280	3°9'14" S	79°8'58" W	2130	AZUAY	INAMHI
GONZANAMA	CO	210	4°13'30" S	79°25'47" W	2040	LOJA	INAMHI
GRANJA STA. INES	CP	180	3°17'16" S	79°54'5" W	5	EL ORO	INAMHI
GUALACEO	CO	280	2°52'55" S	78°46'35" W	2330	AZUAY	INAMHI
GUANAZAN	PV	180	3°27'0" S	79°30'0" W	2580	EL ORO	PREDESUR
GUARAINAG	CO		2°39'28" S	78°37'51" W	2600	AZUAY	INECEL
GUARUMALES(PATIO DE MANIOBRAS)	CP	280	2°34'0" S	78°23'55" W	1645	AZUAY	INECEL
HDA. STA. LUCIA-CAMINO RIRCAY	PV	180	3°16'20" S	79°15'26" W	1310	AZUAY	INAMHI
INGAPATA	CP	280	2°36'45" S	78°36'57" W	2360	AZUAY	INECEL
JIMBILLA	PV		3°53'0" S	79°12'0" W	2050	LOJA	INECEL
JIMBURA	PV	210	4°37'38" S	79°27'41" W	2150	LOJA	INAMHI
LA ARGELIA-LOJA	CP	280	4°1'50" S	79°11'58" W	2160	LOJA	INAMHI
LA TOMA-CATAMAYO	AR	210	3°59'34" S	79°22'15" W	1230	LOJA	FAE
LAGUNA PATROQUIN-	PV	280	2°46'46" S	79°12'35" W		AZUAY	CREA

Nombre de la Estación	Tipo	Zona Hidrográficaf	Latitud	Longitud	Altura	Provinc	Instituto
ALIMENTACION							
LAGUNA PATROQUIN-SALIDA	PV	280	2°46'42" S	79°12'25" W		AZUAY	CREA
LAS COCHAS	CO	210	4°3'0" S	79°33'20" W	1350	LOJA	PREDESUR
LAS CHINCHAS	PV	210	3°57'42" S	79°28'33" W	2400	LOJA	INAMHI
LAS JUNTAS PUCALA	PV	280	3°53'13" S	79°12'54" W	2050	LOJA	INECEL
LAURO GUERRERO	PV	210	3°57'20" S	79°45'25" W	1880	LOJA	PREDESUR
LUCARQUI	AN	210	4°6'0" S	79°48'0" W	850	LOJA	INECEL
MACARA INERHI	CO	210	4°23'0" S	79°57'0" W	430	LOJA	CNRH
MACHALA UTM	CP	180	3°16'0" S	79°57'31" W	25	EL ORO	INAMHI
MACHANGARA	CP	180	2°52'16" S	79°5'0" W	3000	AZUAY	CNRH
MALACATOS	CO	210	4°12'53" S	79°16'30" W	1500	LOJA	INAMHI
MATAGLO-GULG	PV	280	3°0'0" S	78°42'0" W	2750	AZUAY	INECEL
MINAS DE HUASCACHACA	CO	180	3°19'55" S	79°19'44" W	1040	AZUAY	INECEL
NABON INAMHI	PV	180	3°20'2" S	79°3'58" W	2750	AZUAY	INAMHI
NABON CNRH	CO	180	3°20'5" S	79°37" W	2826	AZUAY	CNRH
NAMBACOLA	PV	210	4°8'0" S	79°25'45" W	1760	LOJA	PREDESUR
ONNA	PV	180	3°27'52" S	79°9'15" W	2320	AZUAY	INAMHI
PALMAS AZUAY	CP	280	2°42'58" S	78°37'47" W	2400	AZUAY	INECEL
PAN GRANDE-SAN VICENTE	PG	280	2°26'56" S	78°40'27" W	2600	AZUAY	INECEL
PATUL	PV	160	2°42'0" S	79°13'10" W	3870	AZUAY	INECEL
PAUTE	CO	280	2°46'39" S	78°45'32" W	2289	AZUAY	INAMHI
PEDERNALES AZUAY	PV	180	3°6'26" S	79°21'31" W	3450	AZUAY	INAMHI
PENNAS COLORADAS	CP	280	2°34'45" S	78°33'59" W	2000	AZUAY	INECEL
PICICOLA CHIRIMICHAY	PV	280	2°46'28" S	79°10'20" W	3270	AZUAY	INAMHI
PONCE ENRIQUEZ	PV	170				AZUAY	INAMHI
QUILANGA	CO	210	4°18'0" S	79°24'0" W	1940	LOJA	PREDESUR
QUINARA INAMHI	CO	210	4°18'39" S	79°14'19" W	1560	LOJA	INAMHI
QUINOAS	PV	280	2°46'48" S	79°12'10" W	3200	AZUAY	INAMHI
RICAUTE CUENCA	PV	280	2°51'3" S	78°56'55" W	2545	AZUAY	INAMHI
SABANILLA PREDESUR	PV	210	4°11'50" S	80°7'20" W	710	LOJA	PREDESUR
SABIANGO INAMHI	PV	210	4°21'40" S	7°48'37" W	700	LOJA	INAMHI
SAN FERNANDO INECEL	PG	180	3°10'6" S	79°10'24" W	1750	AZUAY	INECEL

Nombre de la Estación	Tipo	Zona Hidrográfica	Latitud	Longitud	Altura	Provincia	Instituto
SANTA ISABEL INAMHI	CP	180	3°16'18" S	79°18'46" W	1550	AZUAY	INAMHI
SANTA ISABEL CNRH	CP	180	3°18'17" S	79°26'24" W	1800	AZUAY	CNRH
SARAGURO	CO	180	3°37'14" S	79°13'56" W	2525	LOJA	INAMHI
SAUCILLO (ALAMOR)	PV	210	4°15'7" S	80°12'3" W	280	LOJA	INAMHI
SAYAUS(MATADERO JD)	PV	280	2°51'57" S	79°4'34" W	2780	AZUAY	INAMHI
SEVILLA DE ORO	PV	280	2°47'51" S	78°39'11" W	2360	AZUAY	INAMHI
SIGSIG	PV	280	3°2'54" S	78°47'10" W	2600	AZUAY	INAMHI
SIGSIG INECEL	PG	280	3°2'53" S	78°47'9" W	2440	AZUAY	INECEL
SOZORANGO INAMHI	PG	210	4°19'29" S	79°47'20" W	1510	LOJA	INAMHI
SURUCUCHO (LLULLUCHIS)	PV	280	2°49'34" S	79°7'54" W	2800	AZUAY	INAMHI
SUSUDEL-CASERIO	PV	180	3°23'45" S	79°11'6" W	2600	AZUAY	INAMHI
TENDALES-JUBONES	PV	180	3°18'51" S	79°28'49" W	750	AZUAY	INAMHI
UCUBAMBA	CO	280	2°52'13" S	78°55'29" W	2510	AZUAY	INAMHI
USHCURRUMI	PV	180	3°19'16" S	79°35'0" W	290	EL ORO	INAMHI
UTUNA	PV	210	4°21'30" S	79°42'40" W	2410	LOJA	PREDESUR
VENTOLERA VELAC	AN	210	3°58'0" S	79°35'0" W	1950	LOJA	INECEL
VILCABAMBA	CO	210	4°15'16" S	79°13'5" W	1560	LOJA	INAMHI
YANGANA	CO	210	4°21'46" S	79°10'32" W	1860	LOJA	INAMHI
ZAMBI	PV		3°54'37" S	79°32'7" W	1450	LOJA	PREDESUR
ZAPOTEPAMBA	CO	210	4°2'31" S	79°45'58" W	940	LOJA	INAMHI
ZAPOTILLO	CO	210	4°23'1" S	80°14'21" W	120	LOJA	INAMHI

zona hidrográfica
180 JUBONES
210 CATAMAYO
280 SANTIAGO
170 BALAO

tipo
AP AGROMETEOROLOGIA
CP CLIMATOLOGIA PARCIAL

CO	CLIMATOLOGIA ORDINARIA
CE	CLIMATOLOGIA ESPECIAL
AR	AEREONAUTICA
PV	PLUVIOMETRICA
PG	PLUVIOGRAFICA
PC	PLATAFORMA COLECTORA DATOS
AN	ANEMOGRAFICA

M185	MACHALA (UTM)											
	Helofania	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (C)							PRECIPITACION(mm)			Número de días de presipitacion
		ABSOLUTAS				MEDIAS			Suma	Suma	Suma	
MES	(Horas)	Máxima	día	minima	día	Máxima	Mínima	Mensual	Mensual	24hrs	día	
ene	59.2	33.4	24	22.0	13	30.5	23.1	26.1	192.6	59.9	31	21
feb	63.7	32.6	24	22.4	6	30.3	23.3	26.1	170.2	69.8	14	17
mar	110.0	33.0	17	21.0	16	31.2	22.8	26.4	306.7	120.8	20	18
abr	112.6	33.2	5			31.2			45.6	11.0	23	14
may	74.5								36.5	14.9	29	12
jun	74.5								20.3	68	15	11
jul	48.1	30.4	31	20.0	20	26.6	21.2		68.7	12.2	23	24
ago	68.0	35.2	10	19.8	2	27.2	20.9		24.7	4.2	5	23
sep	69.3	31.0	5	19.6	6	27.1	20.8	23.0	42.4	66	27	23
oct	20.0	29.6	2	20.0	4	25.4	20.8	22.6	76.5	7.1	8	28
nov	23.8	30.0	24	19.6	26	26.2	20.5	22.8	123.3	31.8	5	25
dic	63.6	32.0	9	19.6	11	28.7	21.2	24.2	66.2	17.8	27	18
VALOR ANUAL	787.3								1173.7	120.8		234

MES	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO									VELOCIDAD		
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nro	Vel.Mayor	Observada	MEDIA
	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	OB	(m/s)	DIR	(Km/h)
ene	2.8	0.0	0.7	1.5	2.1	0.7	2.0	2.3	91	6.0	NW	1.5
feb	1.8	0.0	0.7	3.0	0.7	2.0	2.0	2.3	82	3.0	NW	1.6
mar	1.3	0.0	0.7	2.0	1.0	2.7	2.1	1.5	69	6.0	NW	1.5
abr												1.6
may												
jun												
jul												
ago												
sep	0.7	0.0	0.7	1.7	1.4	1.6	2.7	1.7	80	6.0	NW	
oct	0.0	0.0	0.7	0.7	1.5	1.5	0.8	2.3	84	4.0	W	
nov	2.2	0.7	0.0	0.0	1.5	2.4	1.3	1.4	80	4.0	NW	1.5
dic	1.3	0.0	1.3	0.7	2.2	2.1	1.7	1.8	82	9.0	NW	1.7

ESTACIONES CERCANAS CON REGISTRO DE VELOCIDAD DE VIENTO



M292		Granja Sta. Ines										
MES	Helofania	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (C)							PRECIPITACION(mm)			Número de días de presipitacion
		ABSOLUTAS				MEDIAS			Suma	Suma	Suma	
MES	(Horas)	Máxima	día	minima	día	Máxima	Mínima	Mensual	Mensual	24hrs	día	
ene	90.7	33.9	24	228	6	31.3	23.7	266	1149	51,2	31	11
feb	96.1	33.5	28	228	1	31.3	24.0	26.9	70.5	34.4	14	13
mar	155.0	33.8	1	21.6	3	31.9	23.3	26.9	149.9	62.4	20	11
abr	142.6	33.0	22	22.6	9	31.7	23.6	27.2	43.9	22.5	8	11
may	114.8	32.2	3	20.8	12	30.6	23.1	26.1	24.2	125	24	8
jun	109.3	31.6	3	20.7	30	29.7	22.8	25.5	2.7	1.2	14	5
jul	54.2	32.2	12	19.7	26	27.9	21.5	23.8	12.4	2.4	23	15
ago	82.3	29.7	13	20.0	8	27.2	21.0	23.2	145	4.4	7	12
sep	70.3	31.3	5	19.4	29	27.4	21.0	23.3	10.6	1.9	25	12
oct	25.2	29.1	29	20.8	17	26.7	21.3	23.3	14.3	2.9	26	13
nov	22.6	30.4	25	20.8	3	27.0	21.5	23.4	11.8	2.4	7	13
dic	90.7	31.4	9	20.9	16	29.7	22.1	24.9	12.1	5.0	27	8
VALOR ANUAL	1053.8	33.9		19.4		29.4	22.4	25.1	481,8	62.4		132
VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												
MES	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nro	VELOCIDAD		
	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	OB	Vel.Mayor	Observada	MEDIA
MES	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	OB	(m/s)	DIR	(Km/h)
ene	1.5	0.6	1.0	0.0	0.0	0	0	1.0	93	5.0	N	0.4
feb	0.6	5	0.3	0.0	0.3	0.0	2.7	0.7	82	6.0	W	6
mar	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.3	1.1	93	6.0	N	1.1
abr	2.4	8	0.0	1.3	0.0	0	1.3	0.8	90	6.0	NW	0.9
may	0.6	9	0.3	1.0	0.0	0.3	1.3	1.2	93	4.0	N	0.6
jun	1.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	90	4.0	W	0.3
jul	0.8	4	0.0	0.0	0	0.3	1.1	0.8	93	4.0	N	1.1
ago	0.5	0.5	0.3	0.0	0	0.3	0.9	0.6	93	4.0	N	1.0
sep	0.9	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9	90	3.0	N	1.2
oct	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.9	93	3.0	NW	0.8
nov	1.1	0.8	0	0	0.0	0.0	0.5	0.7	90	4.0	N	0.9
dic	9	0.6	1.0	0.7	8	3	0.6	1.0	91	3.0	NW	1.2
VALOR ANUAL	1.0	0.6	4	3	0.1	0.2	1.0	0.9		60	W	0.8



M142		Saraguro										
	Helofanía	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (C)							PRECIPITACION(mm)			Número de días de presipitacion
		ABSOLUTAS				MEDIAS			Suma	Suma	Suma	
MES	(Horas)	Máxima	día	minima	día	Máxima	Minima	Mensual	Mensual	24hrs	día	
ene		24.3	13	5.5	10	22.0	9.0	15.9	13.7	7.7	8	7
feb		24.7	8	5.2	10	21.8	8.4	15.8	77.0	17.8	21	17
mar		24.5	14	6.2	6	22.4	8.2	16.0	94.3	18.8	20	17
abr		24.5	19	6.5	1	22.2	8.9	16.2	118.5	19.6	12	15
may		24	23	2.5	27	21.7	7.8	15.8	44.0	18.9	8	18
jun		27.5	17			20.8			20.0	5.5	3	8
jul		24.5	25			21.0			45.2	11.6	21	19
ago		24.7	10	3.0	18	21.4	6.5	14.7	82	2.7	1	11
sep		25.0	28	4.8	8	20.8	7.5	14.7	23.9	9.1	12	17
oct		27.0	8	2.0	19	23.2	7.2	15.1	36.3	10.7	30	13
nov		25.5	2	2.5	24	22.3	8.9	15.4	147.7	38.2	12	19
dic		25.5	2	1.0	12	21.6	7.6	14.7	108.4	16.4	22	20
VALOR ANUAL		27.5				21.8			737.2	38.2		181
VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												
MES	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nro	VELOCIDAD		
	(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	OB	Vel.Mayor (m/s)	Observada DIR	MEDIA (Km/h)
ene	2.0	2.0	0.0	3.2	0.7	4.2	0.0	2.4	57	91	12.0	SE
feb	1.5	1.8	2.7	2.7	0.7	2.9	0.0	1.7	56	81	10.0	SE
mar	2.1	4.7	2.0	4.3	1.3	5.1	0.0	2.0	58	93	10.0	SE
abr	2.9	1.9	1.0	2.2	3.2	4.6	0.0	2.0	50	90	10.0	NE
may	0.9	1.7	2.0	3.3	0.0	3.2	1.3	2.6	62	93	10.0	NW
jun												
jul												
ago	0.0	3.9	6.0	5.3	0.7	3.3	0.0	0.0	48	93	12.0	E
sep	1.3	3.9	2.7	4.7	2.7	0.0	0.0	0	43	90	14.0	SE
oct	2.0	2.4	0.7	3.5	0.0	0.0	0	2.0	62	93	18.0	SE
nov	2.7	5.0	0.0	3.6	0.0	1.3	0.0	2.0	52	90	12.0	N
dic	1.5	2.4	0.0	2.4	0.0	1.8	0.7	2.0	55	93	8.0	SE



ESTACIONES CERCANAS CON VALORES PLUVIOMETRICOS MENSUALES

ANUARIO INAMHI 1995

VALORES PLUVIOMETRICOS MENSUALES (mm)

ESTACION	CODIGO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL ANUAL
NABON INAMHI	M420	0	0	140,6	35,4	10,4	0	26,9	8,9	0	8	11,9	161,5	403,6
OÑA	M421	5,5	66,6	60,8	69,1	40,7	0	30	17,6	7,7	7,1	74,7	133,8	513,6
Hda. Sta. Lucia	M422	26,9	31,6	31,6	35,9	28,3	1,3	25,9	0,7	2,5	5,4	47,2	68,3	305,6
SUSUDEL	M423	1,4	0,9	22,7	53,4	17,6	0	1	0	2,5	1,2	13,6	76,2	190,5