



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA INSTALACIÓN DE UNA TORRE SOLAR EN LA II REGIÓN DE CHILE.

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:
Sr. Milton Lemarie Oyarzún.
Ingeniero Civil Mecánico.
Diplomado en Ingeniería Mecánica.

GERARDO SEBASTIÁN BRAVO SOTO
VALDIVIA - CHILE
2009

El profesor Patrocinante y profesores informantes de Trabajo de Titulación comunican al Director de Escuela de Civil Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del Señor:

GERARDO SEBASTIÁN BRAVO SOTO

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día.....,
Como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Milton Lemarie O.

.....

Ing. Civil Mecánico

PROFESORES INFORMANTES

Sr. Claudio Bastidas C.

.....

Ing. Mecánico

Sr. Miguel Enrique Salinas A.

.....

Ing. Mecánico

Terminar esta carrera no fue fácil...

En este difícil, pero a la vez gratificante camino, se presentaron ciertos obstáculos que me hicieron dudar de mi objetivo inicial el “seguir adelante” y que gracias a las sorpresas halladas, a los nuevos conocimientos y al avance en el tiempo, podía ir visualizando de mejor modo la meta que me había propuesto al iniciar este camino.

En este camino no estuve solo, hubo mucha gente que hizo posible este proyecto de vida, dando siempre el apoyo y las fuerzas necesarias para seguir adelante, ayuda proveniente tanto del plano terrenal, como del espiritual. Desde el cielo recibí fuerzas y motivación, mi abuelo Teo y mi abuelita Flora, ellos fueron parte importante en toda mi educación y en momentos muy importantes de mi vida. Más cercano, es el caso de mi abuela Rut, quien me instaba a seguir y luchar por conseguir las metas, aportando con todo lo que estaba a su alcance, un plato de comida y una casa calentita donde llegar, sobre todo en los días de frío y mucha lluvia.

Mi abuelo Manuel es otro que siempre me instó a seguir y a pesar de los muchos errores que cometo y las decisiones que tomo, él siempre me apoya en lo que haga, siempre está ahí, dándome el aliento para continuar y lograr mis metas.

Junto con mi abuelo, también está mi tía Jovi, una gran persona que siempre me demuestra su cariño maternal, y así no sentir tan profundamente la lejanía física de mis padres, ella suple, de cierto modo, funciones que mis padres asumirían estando permanentemente a mi lado, me corrige y trata de que yo siempre haga bien las cosas; por eso y mucho más, estoy profundamente agradecido.

Llegando al final de este camino y cuando las fuerzas no son las mismas de un comienzo, cuando tener un futuro estable y seguro laboralmente no era suficiente, aparece en mi vida una nueva y concreta motivación, una persona que cumple con mis necesidades como persona y que me motiva a terminar y concretar una instancia tan importante para mi vida y para mi futuro, terminar mi carrera y comenzar una nueva y diferente vida. Gracias a ti, mi Pili...

Y por sobre todas las cosas, son mis padres la base de todo esto que hoy día soy. Con su gran sacrificio me han dado todo lo que tengo y han aportado directamente en mí como persona, sin ellos jamás hubiese podido llegar hasta esta instancia y que junto con mis queridas hermanas, que no puedo dejar de mencionar, me han dado toda la fuerza y apoyo necesario, incluso en los momentos donde opté por el camino menos correcto. A pesar de todo aquello, ellos seguían creyendo en mí y jamás dudaron de mis capacidades y esfuerzo, como sí lo hice yo, en ciertas oportunidades.

Por esto y por todo, les doy las gracias, gracias a todos los que nombré y a todos los que de una y otra forma fueron parte de esto, reitero nuevamente y por siempre, muchas gracias.

Dedicado a mi Familia...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
SUMMARY	2
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	
1.1.- Estado del arte de la investigación en chimeneas solares	3
1.2.- Principio de Funcionamiento	7
1.3.- Energía solar	9
1.3.1.- Características fundamentales	9
1.3.2.- Consideraciones respecto del movimiento Solar sobre la tierra	10
1.3.3.- Características de la radiación solar	11
1.3.3.1.- Distribución espectral de la radiación solar	11
1.4.- Contexto del estudio	13
1.5.- Objetivos	14
1.5.1.- Objetivo general	14
1.5.2.- Objetivos específicos	14
1.6.- Metodología de trabajo	14
Capítulo 2: DIMENSIONES ESTRUCTURA PARA GENERAR 20 KW	
2.1.- Cálculo de la altura de la chimenea	15
2.2.- Cálculo del área para el colector solar	17
2.3.- Dimensiones de la chimenea solar y del colector	17
Capítulo 3: ESTUDIO DE MERCADO	
3.1.- Introducción	18
3.2.- Alcances y limitaciones del estudio	19
3.3.- El producto	19
3.3.1.- Definición	19
3.3.2.- Ventajas de la energía solar	20
3.3.3.- Desventajas de la energía solar	21
3.4.- Oferta y demanda	22
3.4.1.- Oferta	23
3.4.2.- Demanda	25
3.5.- Conclusiones Capítulo	26

Capítulo 4: ESTUDIO TECNICO	
4.1.- Introducción	27
4.2.- Ubicación	27
4.3.- Estructura	29
4.3.1.- Colector Solar	30
4.3.2.- Chimenea	34
4.4.- Equipos e instrumentos	37
4.5.- Acceso a las instalaciones	40
Capítulo 5: ESTUDIO ORGANIZACIONAL Y LEGAL	
5.1- Introducción	41
5.2.- Políticas de energías renovables en Chile	41
Ley 19.940 (Ley Corta I)	42
Ley 20.018 (Ley Corta II)	42
Ley de ERNC 20.257 (Ley Corta III)	43
5.3.- Estructura organizacional	45
5.4.- Obtención de la personalidad jurídica	47
5.5.- Requerimientos legales para la compra del terreno	49
5.6.- Trámite de permiso municipal	50
Capítulo 6: ESTUDIO ECONOMICO	
6.1.- Introducción	51
6.2.- Construcción del colector	51
6.3.- Construcción chimenea	52
6.4.- Mano de Obra	52
6.5.- Equipos e Instrumentos	52
6.6.- Acceso a las Instalaciones	53
6.7.- Obras Civiles	53
6.8.- Costos Operacionales	54
6.9.-Costo termoeléctrica	55
CONCLUSIONES	56
Bibliografía	58
Anexos	59

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad (Toneladas por GWh producido)	20
CUADRO N° 2: Costo de generación por tipo de centrales	22
CUADRO N° 3: viviendas por región que usan energía solar, censo 2002	23
CUADRO N° 4: Empresas y potencia instalada en SING	23
CUADRO N° 5: Principales empresas de distribución	24
CUADRO N° 6: Generación Bruta GWh	24
CUADRO N° 7: Niveles de Radiación en las Regiones de Chile	28
CUADRO N°8: Comparación vidrio/plástico	33
CUADRO N°9: Costo materiales del colector	51
CUADRO N°10: Costo materiales de la chimenea	52
CUADRO N°11: Costo construcción de caminos por etapa	53
CUADRO N°12: Planilla de sueldos personal	54

INDICE DE IMÁGENES

FIGURA N° 1 Primera publicación hecha por Isidoro Cabanyes 1903	3
FIGURA N° 2: Planta experimental Manzanares, España	4
FIGURA N° 3: Futuro proyecto de Chimenea Solar	5
FIGURA N° 4: Prototipo experimental del Ing. Civil Cesar Belaunde Zarate	6
FIGURA N° 5: Dimensiones y forma modelo experimental	7
FIGURA N° 6: Funcionamiento de una chimenea solar	8
FIGURA N° 7: Esquema de representativo del tiraje	8
FIGURA N° 8: Órbita de la tierra	10
FIGURA N° 9: Declinación solar	11
FIGURA N° 10: Espectro electromagnético de la luz solar	12
FIGURA N° 11: Chimenea Solar	13
FIGURA N° 12: Termoeléctrica	13
FIGURA N° 13: Dimensiones de la estructura	18
FIGURA N° 14: Mapa de consumo energético nacional	25
FIGURA N°15 Zonas ideales para Plantas Solares	27
FIGURA N°16 Ubicación de la Torre, Sector Quebrada de Quetena, Calama	29
FIGURA N°17 Modelado de estructura metálica en AVwin98	30
FIGURA N°18 Colector solar modelado en AVwin98	31
FIGURA N°19 Componente del colector solar, modelado en AVwin98	32
FIGURA N°20 Perfil Cuadrado 40x40x3, A36	32
FIGURA N°21 Perfil T 10x20x2x2, A36	33
FIGURA N°22 Chimenea Modelada en AVwin98	34
FIGURA N°23 Chimenea con una carga distribuida, simulando el viento	35
FIGURA N°24 Base Chimenea	36
FIGURA N°25 Identificación de Perfiles	36
FIGURA N°26 Plancha de Zinc Alum	37
FIGURA N°27 Turbina WindCube	37
FIGURA N°28 Grafico Potencia de salida v/s Velocidad del Aire	39
FIGURA N°29 Grafico Generación Anual v/s Velocidad del Aire	39
FIGURA N°30 Ubicación Turbina	40
FIGURA N°31 Estructura Organizacional de la Empresa	47

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la factibilidad de la instalación de una chimenea solar en la segunda región de Chile. Como base de la investigación se planteó una central capaz de generar 20 kW, pues se trata sólo de un estudio de tipo experimental.

Se contempla un estudio técnico, un estudio económico y un estudio legal y organizacional, para determinar los costos de una posible inversión funcional y así plantear como una alternativa de generación de electricidad limpia y de bajo costo.

Utilizando el modelo de Manzanares, fue posible modelar una estructura capaz de proporcionar el potencial necesario para generar los 20 Kw. Tras los estudios realizados se pudo concluir que no es una inversión económica pero si es funcional y capaz de generar electricidad libre de contaminación.

SUMMARY

In this paper we study the feasibility of installing a solar chimney on the second region of Chile. Since base of the investigation I raise a head office capable of generating 20 kW, because it is only an experimental study.

For this work provides a technical survey, an economic and a legal and organizational studies, to determine the costs of an investment can be raised and functional as an alternative for generating clean electricity and inexpensive.

Using the model of Manzanares, it was possible to model a layered structure to provide the potential to generate 20 kW and after studies concluded that it was not a financial investment but it is functional and capable of generating pollution-free electricity.

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

1.1- Estado del arte de la investigación en chimeneas solares

A nivel internacional

Las experiencias en Chimenea Solares en el mundo se limitan a lo siguiente: La primera vez en el mundo que se habló de una “Chimenea Solar” fue el 25 de agosto en 1903 ante una publicación del español, coronel de artillería, Don Isidoro Cabanyes en la revista “La Energía Eléctrica”, también titulada “Revista General de electricidad y sus Aplicaciones”. En esta publicación, véase Fig.01, el militar español describe una primera versión de cómo sería el invento y el potencial que sería capaz de generar, también destaca las ventajas y da ejemplos de algunas aplicaciones de lo que podría hacer el invento.

AÑO VII.—Tomo 6.

25 de Agosto de 1903.

Núm. 4

La Energía Eléctrica

REVISTA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y SUS APLICACIONES

PUBLICACIÓN QUINCENAL ILUSTRADA

SUMARIO

Proyecto de motor solar (continuará), por Isidoro Cabanyes.—Algo de electricidad práctica.—Instalación eléctrica del tranvía de Bilbao á Durango y Arratia (continuación), por S. C.—¿Qué es el potencial? (continuará), por Nicolás de Ugarte.—Estaciones transportables para telegrafía sin conductores, sistema del profesor Braun y Siemens y Halske, y su empleo en el ejército alemán (continuará), por C. Ferrero. Teorías y explicaciones sobre el papel que en la propagación de las ondulaciones eléctricas, en la Telegrafía sin conductores, parecen desempeñar la tierra, la antena y la atmósfera (conclusión), por Carlos Dorrien.—*Crónica científica*: Radio-actividad del agua.—La resistencia eléctrica de los aceites.—*Información*.—*Ofertas y demandas*.—*Correspondencia particular*.

PROYECTO DE MOTOR SOLAR

CONCIBAMOS una gran caja de cristal herméticamente cerrada; bajo la caja transparente, otra de hierro pintada de negro, y dentro de esta última caja, aire ó agua, medios que, una vez elevados á alta temperatura pasen á cualquiera de las máquinas ya conocidas de aire caliente ó de vapor de agua y en ella funcionen: y todo ello, sea

FIGURA Nº 1 Primera publicación hecha por Isidoro Cabanyes 1903.

Luego, en 1982 en Manzanares - España se construye la primera planta prototipo de Chimenea Solar, la que contaba con un colector circular de 240 metros de diámetro y

con superficie de plástico y una chimenea que llegaba a los 195 metros de altura y 10 metros de diámetro. La planta funcionó por casi 8 años, llegando a generar como máximo 39,2 KW de potencia (el 14 de julio de 1985, según Ref.1)



FIGURA N° 2: Planta experimental Manzanares, España.

En la actualidad, se espera construir plantas de Chimenea Solar en distintas partes del mundo. Estos proyectos están siendo evaluados para decidir su construcción y analizar su financiamiento, tal es el caso de Chimeneas Solares en California - EEUU, Arabia Saudita y Mildura - Australia, siempre lugares con condiciones desérticas. Este último caso en Australia, denominado “Proyecto Enviromission” ya cuenta con la adquisición de los terrenos donde se emplazaría la chimenea y está en la etapa de buscar financiamiento para la construcción de la planta, la cual pretende llegar a los 1000 metros de altura y 7 kilómetros de diámetro del colector implicando un costo de 500 millones de dólares pero hoy en día, afectada por la imposibilidad de conseguir presupuesto, están evaluando un planta con una chimenea y colector más pequeños.



FIGURA N° 3: Futuro proyecto de Chimenea Solar.

A nivel nacional

En la década de los 80s, en plena época del auge de los estudios solares, el profesor Ricardo Hoffman, de la Universidad de Chile, en una demostración de las propiedades de un nuevo material para la época, el ferrometal, se entusiasma con la idea de la chimenea solar y luego de investigar en el tema, y también concordando con la idea de acostar la chimenea, realiza unos planos para la construcción de una planta de chimenea solar, donde se destaca un colector en forma de pasillo, con techo de Nylon, una Chimenea de Ferrometal y un rotor del mismo material, con eje vertical flotando en un núcleo con agua y con los imanes del generador pegados en las puntas de las aletas y el estator integrado en la misma chimenea.

Los posteriores avances en la tecnología fueron en la línea de “acostar” o “apoyar” la chimenea en un cerro, aprovechando las altas laderas que ofrece la geografía nacional. Si bien mucha gente ha querido apropiarse de la idea de acostar la chimenea solar, la verdad es que no es ninguna invención en sí, ya que es casi una idea obvia al entender la importancia de la altura para la generación de energía y lo útil que sería construir el ducto apoyándose en la ladera de un cerro, la idea es tan espontánea que se

le ha ocurrido a muchas personas, inclusive, en conversaciones en foros dedicados al tema.

De todas maneras, los primeros en hablar de la chimenea solar acostada acá en Chile fueron, Además del Profesor Hoffman, Eduardo Soto, quien ganó un concurso auspiciado por Explora - Chile, del Ministerio de Educación con un proyecto que contemplaba una chimenea solar acostada, en el año 1999.

Más, recientemente, el año 2007, César Eduardo Belaúnde Zárate, alumno de la Universidad Técnica Federico Santamaría, desarrolló su trabajo de título en esta temática y construyó un prototipo con fines de estudio de esta tecnología.



FIGURA N° 4: Prototipo experimental del Ing. Civil César Eduardo Belaúnde Zárate.

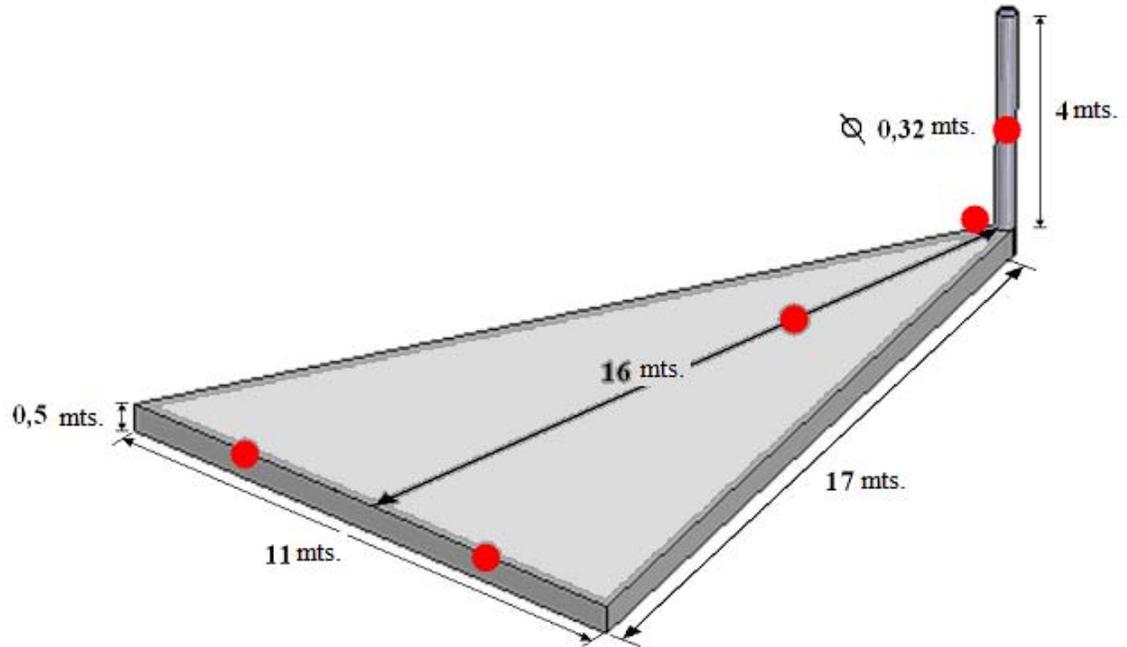


FIGURA N° 5: Dimensiones y forma modelo experimental.

1.2.- Principio de Funcionamiento.

Una torre solar es una construcción que aprovecha la energía solar y eólica para generar electricidad, mediante la convección de aire caliente ([6] Bibliografía). La fig. 6 muestra el principio de funcionamiento de esta torre, que consiste en captar aire frío del ambiente para luego, por acción de los rayos solares, calentarlo y evacuarlo por el centro de la chimenea. Esta acción permite el aprovechamiento de la energía cinética (proveniente de la corriente de aire generada por la evacuación del aire caliente), mediante el uso de una turbina eólica, ubicada en la base de la chimenea y que es la encargada de transformar la energía cinética de la corriente de aire, en energía eléctrica.

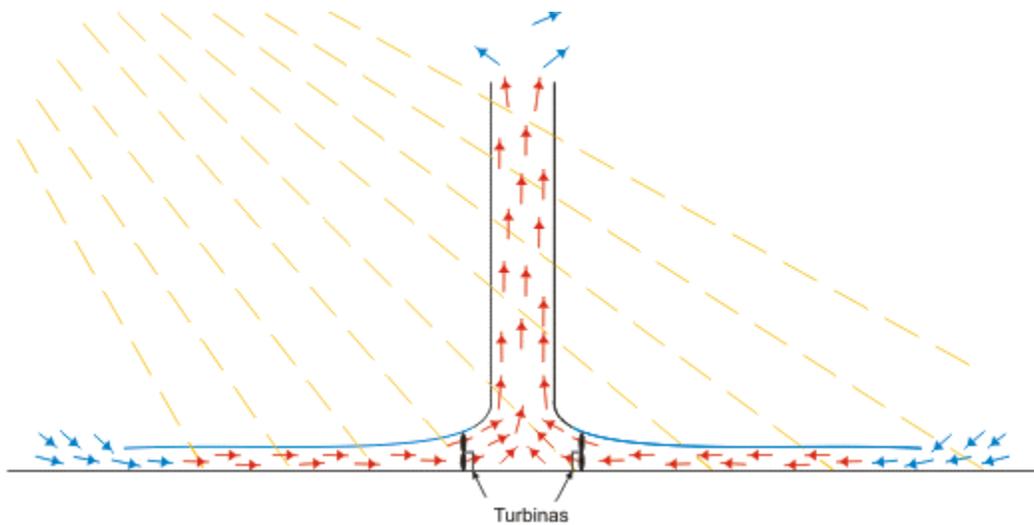


FIGURA N° 6: Funcionamiento de una chimenea solar.

Esta definición conceptual de la chimenea, nos da una idea de cómo funciona, pero no nos presenta cuánta energía efectivamente puede generar. Para esto analicemos la figura N° 6 mediante conceptos físicos cuantificables. La fuerza que impulsa el aire caliente hacia arriba es denominada “tiraje” y surge por la diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire frío circundante. Para ver mejor el proceso veamos la Fig. N° 7 donde se muestran dos columnas con aire, en un sistema con presión atmosférica.

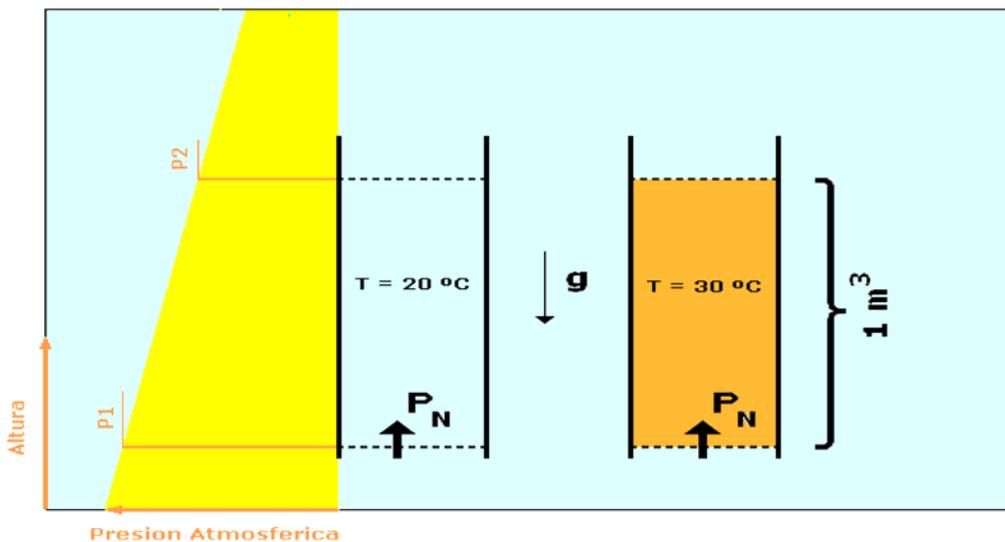


FIGURA N° 7: Esquema de representativo del tiraje.

La masa del aire atmosférico, afectada por la constante de gravedad, hace que la presión atmosférica disminuya a medida que aumenta la altura. Esto genera un gradiente de presión atmosférica casi constante para bajas alturas. La baja de presión corresponde a la masa de aire recorrida, en condiciones normales, con aire a 20° C y 1 Bar de presión, la densidad del aire es 1,2 Kg/m³. Esto indica que por cada un metro que aumentemos la altura, la presión atmosférica decrece en 12 Pascales.

Para la columna de aire frío (a 20° C), el peso de la columna de aire es sustentado por la diferencia de presión atmosférica entre el punto inferior y superior.

Esto es lógico, puesto que si tomamos una tubería abierta, en nuestras manos, y la ponemos en posición vertical, el aire al interior de la tubería no se cae. En verdad el aire no se mueve, porque las fuerzas están en equilibrio entre el peso del mismo aire y la diferencia de presión atmosférica.

Ahora, para el caso de la columna de aire caliente, puesto que también está inmersa en un ambiente con presión atmosférica, hay una diferencia de presión entre la parte superior e inferior igual a la que se presenta en la columna de aire frío, pero, puesto que el aire caliente es más liviano, no está en equilibrio. De hecho la columna de aire caliente es más liviana, y por esta razón asciende. La presión que efectivamente mueve el aire hacia arriba, es la diferencia de presión entre ambos puntos de la chimenea con temperatura ambiente, menos la diferencia de presión entre ambos puntos de la chimenea con aire caliente. Esta densidad depende de la temperatura según la ley de los gases ideales:

$$\frac{T_F \times P_F}{V_F} = \frac{T_C \times P_C}{V_C} \quad (1.1)$$

1.3.- Energía solar.

1.3.1.- Características fundamentales.

El Sol es la mayor fuente de energía de nuestro planeta. La fusión de nuestra estrella produce una radiación media de 4·10²⁶ Vatios de los cuales en la Tierra incide algo más de la mitad (2·10¹⁷W, 1'5·10¹⁸ kWh/año) ([1] Bibliografía). A partir del conocimiento de la órbita terrestre somos capaces de conocer con exactitud para cada

instante cuál será la energía incidente en la estratosfera, puesto que es predecible con una exactitud del 100%. Al atravesar la atmósfera dicha energía se verá afectada por la absorción atmosférica, las nubes y otros fenómenos impredecibles que confieren al recurso Solar su carácter semialeatorio.

1.3.2.- Consideraciones respecto del movimiento Solar sobre la tierra.

La órbita de la Tierra corresponde a una elipse (aunque bastante parecida a un círculo) con el Sol situado en uno de sus focos. El plano de esta órbita se conoce como *plano de la eclíptica*, en recorrerla entera la Tierra emplea un año. En la ilustración se ve el plano de la eclíptica y los puntos de máxima y mínima distancia al Sol.

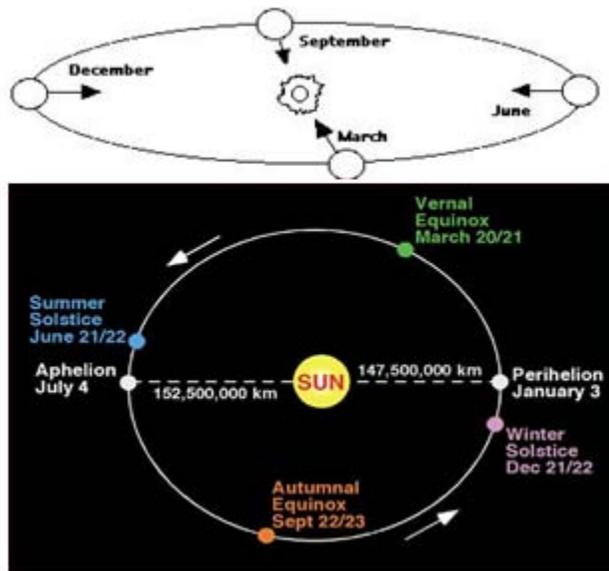


FIGURA N° 8: Órbita de la tierra.

Simultáneamente, la Tierra gira sobre sí misma una vez al día alrededor del eje polar. Dicho eje forma un ángulo con el plano de la eclíptica de $23^{\circ}45'$ con lo que el ángulo formado por el plano del Ecuador y el plano de la eclíptica va variando constantemente. A dicho ángulo se le denomina "*declinación Solar*" (δ) y es el responsable del aparente movimiento ascendente del Sol a lo largo del año y de la diferente longitud de los días. Se incluye una figura Fig. N° 9 en la que se observa cómo varía a lo largo de la órbita terrestre

alcanzando un máximo en verano y un mínimo en invierno (solsticios del 21/22 de junio y 21/22 de diciembre respectivamente) y situándose sobre el ecuador en primavera y otoño (equinoccios del 20/21 de marzo y 21/22 de septiembre). δ cambia lentamente, menos de $0'5''$ en 24 horas, por lo que a escala diaria se puede tomar como constante.

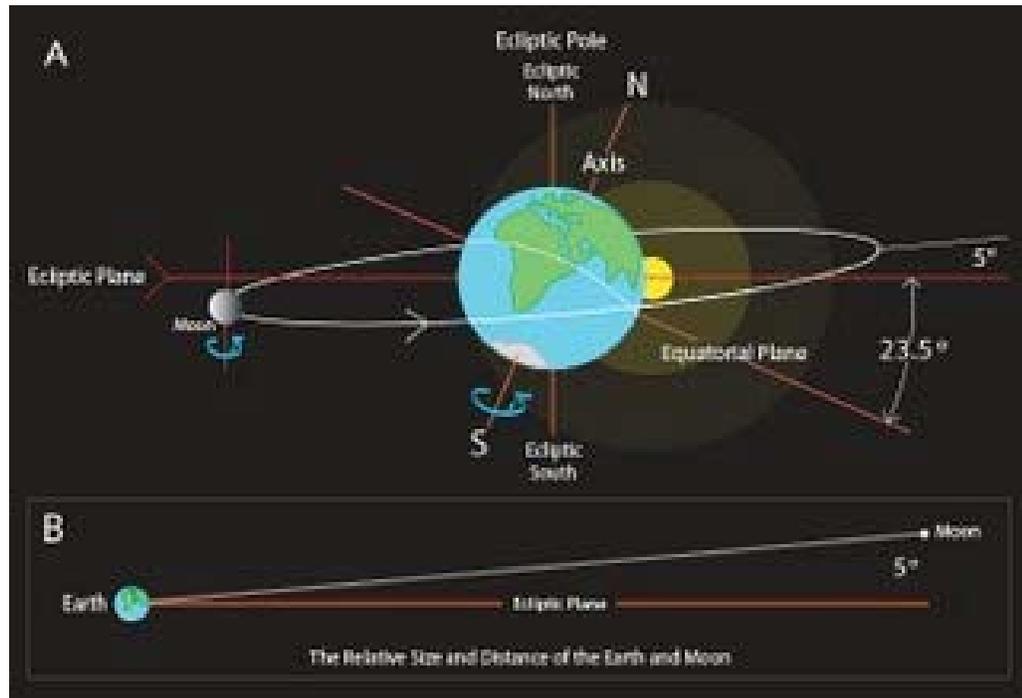


FIGURA N° 9: Declinación solar.

1.3.3.- Características de la radiación solar.

1.3.3.1.- Distribución espectral de la radiación solar.

Para efectos de ingeniería solar, el Sol puede considerarse como un cuerpo negro que emite radiación a una temperatura de 5700 Kelvin ([1] Bibliografía). Se define la *constante Solar* como la energía por unidad de área y tiempo que llega desde nuestra estrella. Las mediciones más recientes apuntan que el valor de esta constante solar antes de sufrir la atenuación al atravesar la atmósfera es de 1367 W/m^2 . La variación de distancia entre la Tierra y el Sol provoca que este valor no sea sostenido a lo largo de todo el año sino que cae hasta 1320 W/m^2 en junio/julio y sube hasta 1400 en enero y diciembre.

Por otro lado, la energía no se encuentra uniformemente distribuida en todo el espectro electromagnético Fig. N° 10, se puede agrupar en las siguientes regiones:

- 1) Visible: ($0,38 < \lambda < 0,78 \text{ Mm.}$) que aglutina el 47% de la energía.
- 2) Infrarrojo ($\lambda > 0,78 \text{ Mm.}$) que lleva el 45 %
- 3) Ultravioleta ($\lambda < 0,38 \text{ Mm.}$) que transmite el resto (7%).

Esta distribución espectral tiene influencia en la atenuación provocada por la atmósfera y en la producción de las células fotovoltaicas.

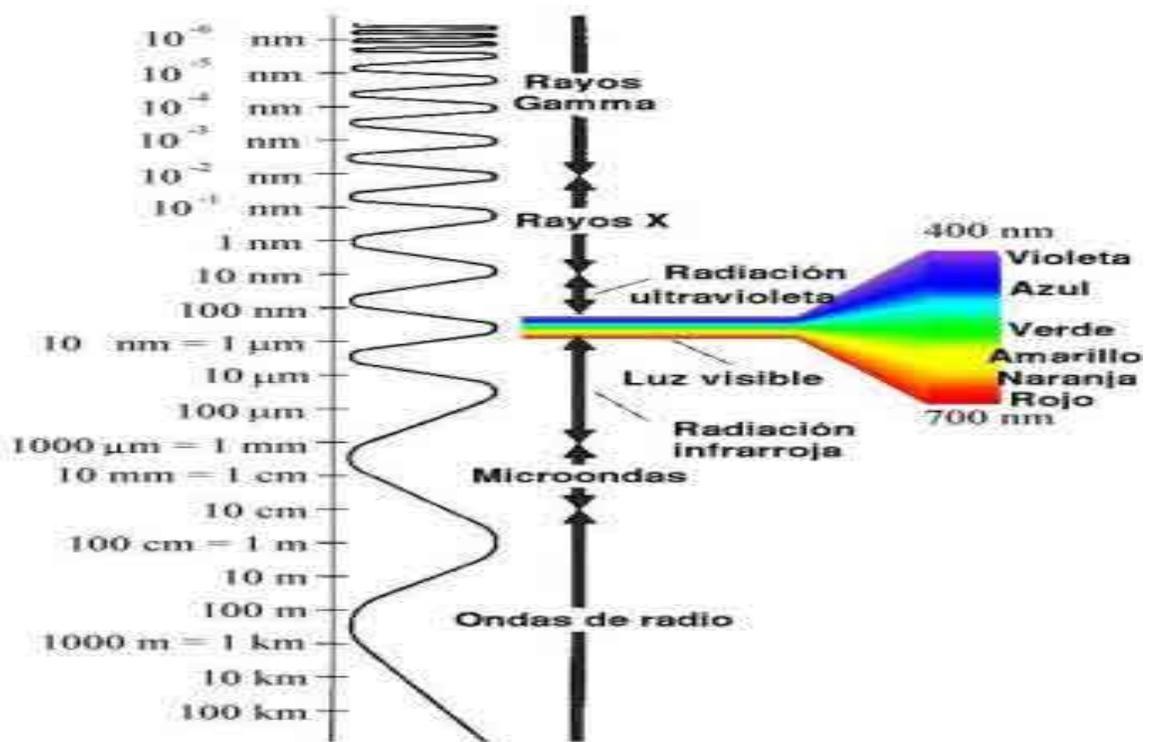


FIGURA N° 10: Espectro electromagnético de la luz solar.

1.4.- Contexto del estudio.

En el contexto energético actual y un escenario medioambiental de reducción de emisiones, se configura la necesidad de un futuro orientado hacia la diversificación de las distintas fuentes de energía, con un aumento significativo en la utilización de energías limpias y en la eficiencia energética. Esta situación abre la libre competencia a aquellos agentes que cumpliendo los temas medioambientales consigan reducir los costos de generación.

En este contexto surge este proyecto, el estudio de factibilidad de la instalación de una torre solar en la segunda región de Chile.

Una planta de generación eléctrica que funciona con energía solar, es una planta que se abastece de una fuente inagotable de energía, y por lo anteriormente mencionado, es una fuente 100% limpia.

Las dificultades que se encuentran a la hora de proyectar este tipo de centrales están centradas en la situación geográfica de la central, tienen que ser lugares estratégicos con muchas horas de sol y con muy poca nubosidad y humedad, y en su viabilidad desde un punto de vista económico, muy relacionado con el punto anterior ya que la inversión que hay que hacer para este tipo de centrales sólo es rentable en unas zonas muy concretas o con unas subvenciones muy fuertes de la empresa privada o el estado.

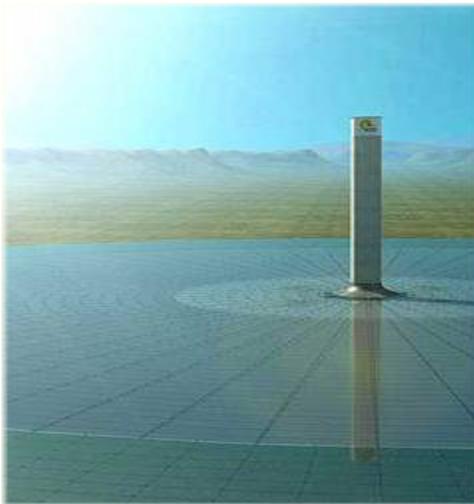


FIGURA N° 11: Chimenea Solar.



FIGURA N° 12: Termoeléctrica.

1.5.- Objetivos.

1.5.1.- Objetivo general

Estudiar la factibilidad de la instalación de una torre solar o chimenea solar en la segunda región de Chile.

1.5.2.- Objetivos específicos

- Determinar las dimensiones de la estructura para generar 20 kw.
- Evaluar económicamente la instalación de este proyecto.
- Evaluar técnicamente la funcionalidad del proyecto.
- Evaluar su opción como una alternativa económica y limpia de generar energía eléctrica.
- Comparar ambientalmente con otras plantas de generación eléctrica existentes en la región.

1.6.- Metodología de trabajo

- Determinar el estado del arte referente al tema.
- Investigar la tecnología que involucra el estudio.
- Determinar los costos asociados al estudio.
- Investigar el precio compra de energía eléctrica generada en la segunda región.
- Determinar el aporte energético al sistema interconectado central.
- Comparar económica, ambiental y funcionalmente con otras alternativas de generación eléctrica.

Capítulo 2: DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA PARA GENERAR 20 KW

2.1.- Cálculo de la altura de la chimenea.

Por tratarse de un estudio experimental con el objeto de ser una referencia a estudios de mayor envergadura, se ha decidido acotar las dimensiones de la estructura para ser capaz de generar 20 kw, dado que esta potencia está dentro de los rangos aceptables para un estudio de tipo experimental, como referencia se puede decir que existen proyectos capaces de generar 200Mw.

La densidad depende de la temperatura según la ley de los gases ideales (Ecuación 1.1):

$$\frac{T_F \times P_F}{V_F} = \frac{T_C \times P_C}{V_C}$$

Puesto que la presión prácticamente no fluctúa (las fluctuaciones absolutas de presión son del orden de 0,001%) ([3] Bibliografía).se consideran constantes. La variación en el volumen específico se puede relacionar inversamente a la relación de densidad, por lo que la densidad del aire caliente será:

$$\rho_C = \rho_F \times \frac{T_F}{T_C} \quad (2.1)$$

La densidad del aire a una temperatura de 20° C y a una altura de 2300 m, que es el caso de Calama, lugar donde se proyecta emplazar la torre, es de 0,993 Kg/m³ (**Anexo 1**) y la diferencia de temperaturas esperada es de 20°C, T_F = 20°C y T_C = 40°C.

$$T_F = 20 + 273 = 293 \text{ °K}$$

$$T_C = 40 + 273 = 313 \text{ °K}$$

La densidad del aire caliente será:

$$\rho_c = 0,993 \times \frac{293}{313} = 0,929 \text{ Kg/m}^3$$

La diferencia de presiones será:

$$\Delta P = H_c \times (\rho_F - \rho_c) \times g \quad (2.2)$$

$$\Delta P = H_c \times (0,993 - 0,929) \times 9,8$$

Dada la experiencia de Manzanares la velocidad del aire promedio para este tipo de chimeneas es de 9,29 m/s (**Anexo 2**). Ahora, esta chimenea tendrá un diámetro de 7 mts, esto para poder tener un caudal de $Q = 357,52 \text{ m}^3/\text{s}$

Esta evaluación de factibilidad está proyectada para la generación de 20.000 W por lo que los cálculos se enfocan en este objetivo. El potencial de energía de una chimenea se determina con la siguiente expresión.

$$Pot = Q \times \Delta P = \text{Kw.} \quad (2.3)$$

$$20.000 = 357,52 \times \Delta P$$

$$\Delta P = 55,94 \text{ Pa}$$

Al reemplazar y despejar en la ecuación (2.2) se obtiene una altura de chimenea de 90 mts.

$$H_c = \frac{55,94}{(0,993 - 0,929) \times 9,8} = 90 \text{ mts}$$

2.2.- Cálculo del área para el colector solar.

Tomando en cuenta los rendimientos del colector, las turbinas y considerando además una pérdida por roce en la chimenea, la expresión que refleja la potencia de salida total de una chimenea solar es:

$$P_{SAL} = \eta_T \cdot \eta_{Coll} \cdot (1 - f_R) \frac{H \cdot g}{C_p \cdot T_a} A_{coll} \cdot I \quad (2.4)$$

Ahora, usando la experiencia de Manzanares y asumiendo una eficiencia del colector solar en un 60%, con un 10% de pérdida en la Chimenea por roce y una eficiencia del 80% en las turbinas-generadores, con una $T_{amb} = 20^\circ\text{C}$, la potencia total deseada sería: ([3] Bibliografía). **Ver Anexo 3**

$$20.000 \text{ W} = 80\% \cdot 60\% \cdot (1 - 10\%) \frac{90 \text{ [m]} \cdot 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}}{1005 \text{ [J/Kg}^\circ\text{K]} \times 298 \text{ [}^\circ\text{K]}} \cdot A_{col} \text{ [m}^2\text{]} \cdot 244,6 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Obteniéndose: **Acol** = 64.427,33 m² (área del colector solar)

2.3.- Dimensiones de la chimenea solar y del colector

Finalmente, las dimensiones a considerar para la chimenea y el colector son las siguientes:

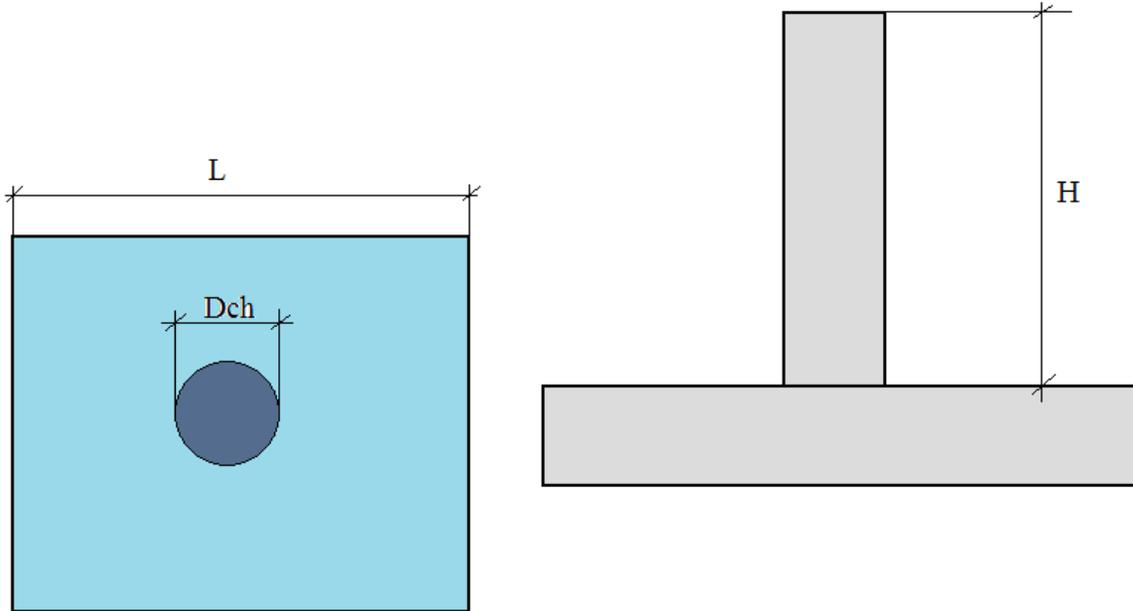


FIGURA N° 13: Dimensiones de la estructura.

$H = 90$ mts. (Altura de la chimenea)

$D_{ch} = 7$ mts (Diámetro interno de la chimenea)

$L = 256$ mts (Lado del Colector)

Capítulo 3: ESTUDIO DE MERCADO

3.1.- Introducción

El presente estudio tiene por finalidad presentar una visión global respecto del comportamiento del mercado sobre el consumo de energía eléctrica en la segunda región de Chile, y realizar un balance comparativo de las opciones de generación existentes, ya sea con energías renovables o no.

Éste contempla analizar aspectos referentes a la oferta y la demanda basados en datos recopilados en fuentes como el INE, SEC, etc.

Por otro lado, nos permitirá conocer el tipo de consumidor y sus preferencias, dándonos una idea general de sus niveles de consumo energético.

Este estudio nos permitirá saber si existe o no uso de energías alternativas y que en medida son utilizadas, además de tener una visión de la capacidad instalada en la región.

3.2.- Alcances y limitaciones del estudio

Este estudio sólo nos permitirá conocer a grandes rasgos, el estado del mercado energético actual del norte grande, dada las limitaciones de información y recursos existentes, pero sí nos dará una idea real de lo que está pasando en esta materia.

3.3.- El producto

3.3.1.- Definición

Se proyecta producir electricidad, pero a diferencia de los métodos convencionales de producción, la característica principal de este método es la utilización de energías 100% limpias y renovables. Estas características son las más relevantes para pensar que es una opción muy válida de considerar.

CUADRO N° 1: Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad (Toneladas por GWh producido)

FUENTE DE ENERGÍA	CO ₂	NO ₂	SO ₂	PARTÍCULAS	CO	HIDRO-	RESIDUOS	TOTAL
						CARBUROS	NUCLEARES	
Carbón	1.058,2	2.986	2.971	1,626	0,267	0,102	-	1.066,1
Gas Natural (ciclo combinado)	824	0,251	0,336	1,176	-	-	-	825,8
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,641	12,3
Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
Biomasa	0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
Geotérmica	56,8	-	-	-	-	-	-	56,8
Eólica	7,4	-	-	-	-	-	-	7,4
Solar Térmica	3,6	-	-	-	-	-	-	3,6
Hidráulica	6,6	-	-	-	-	-	-	6,6

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y AEDENAT. (<http://www.ubp.edu.ar>)

3.3.2.- Ventajas de la energía solar

- Es energía no contaminante.
- Proviene de una fuente de energía inagotable.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (campo, islas), o es dificultoso y costoso su traslado (conviene a más de 5 Km.).
- Los sistemas de captación solar son de fácil mantenimiento.
- El costo disminuye a medida que la tecnología va avanzando (el costo de los combustibles aumenta con el paso del tiempo porque cada vez hay menos).

3.3.3.- Desventajas de la energía solar

- El nivel de radiación fluctúa de una zona a otra y de una estación del año a otra, (en esta zona no es significativa la variación)
- Para recolectar energía solar a gran escala se requieren grandes extensiones de terreno.
- Requiere gran inversión inicial.
- Se debe complementar este método de convertir energía con otros.
- Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados, (la segunda región de Chile cumple las condiciones necesarias).

CUADRO N° 2: Costo de generación por tipo de centrales.

Central tipo de energías	Inversión unitaria (US \$ miles/MW)	Costo de operación (US \$/MWh)	Costo medio total (US \$/MWh)
Hidroeléctricas			
Embalse (400MW)	1.000	-	17,0
Pasada (400MW)	1.300	-	24,0
Termoeléctricas a base de Gas			
Gas natural (370 MW)	630	33,1	46,3
GNL (370 MW)	630	43,9	53,0
Gas natural a diesel, 500 Hrs (370 MW)	670	45,3	62,4
Termoeléctricas			
Carbón (250 MW)	1.000	33,1	49,3
Carbón/petcoke (250 MW)	1.250	22,6	42,8
Carbón/petcoke lecho fluidizado (250 MW)	1.600	28,9	54,8
Diésel (120 MW)	450	192,0	212,0
No convencionales		Factor de planta	
Geotérmica	1.400 - 2.000	90%	>30
Eólica	1.200 - 1.800	<45%	>45
Biomasa	1.300 - 1.700	80 a 85%	>35
Solar	4.550	7 a 15%	240 - 300
Mini Hidro	1.300 - 1.800	50 a 75%	>30

Fuente: INE

3.4.- Oferta y demanda

Hasta antes de la caída del cobre el sistema iba en vías de colapso debido a la alta demanda de energía por expansiones y nuevos proyectos.

En la actualidad, el sistema interconectado del norte grande (SING) posee una potencia instalada de 3700MW ([8] bibliografía) y opera con una potencia disponible de 1.800 MW (de los cuales se consumen 1.600 MW aproximadamente) y las proyecciones indicaban que este año se requeriría al menos unos 200 MW adicionales para cubrir la demanda de los nuevos proyectos industriales y mineros. En ese escenario de oferta y

demanda prácticamente ajustadas, cualquier problema que se genere en una central implicaría riesgo de un apagón total en el sistema.

El uso energías alternativas, que sean un aporte al sistema interconectado del norte grande (SING), no existe a nivel industrial, actualmente existen algunos proyectos, pero es casi inexistente su uso. Por otra parte, según el censo del 2002, existen 112 viviendas que están optando por esta alternativa, en su mayoría con paneles fotovoltaicos.

CUADRO N° 3: Número de viviendas por región que usan energía solar, censo 2002

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	Total
N° Viv.	300	112	107	1.043	73	138	254	53	99	69	91	26	33	2.398

Este mercado de energías alternativas no está desarrollado en Chile, si bien existen proyectos para instalar plantas térmicas solares a la fecha no se han concretado, y dada la alta disponibilidad del recurso solar, constituye una buena oportunidad de aplicar esta tecnología en el norte del país.

3.4.1.- Oferta

Las principales empresas generadoras que aportan al SING son las que se muestran a continuación, pero ninguna de ellas usa energías renovables, todas son termoeléctricas que funcionan en base a gas natural, petróleo, carbón, etc.

CUADRO N° 4: Empresas y potencia instalada en SING.

Empresa Operadora	Potencia Bruta Instalada [MW]	Potencia Bruta Instalada [%]
AES GENER	642,8	17,9%
CELTA	181,8	5,1%
EDELNOR	719,1	20,0%
ELECTROANDINA	991,5	27,6%
GASATACAMA	783,3	21,8%
NORGENER	277,3	7,7%
Potencia Bruta Total Instalada	3595,8	100,0%

Desde el punto de vista de la propiedad de las empresas de generación y la capacidad instalada de cada una, se observa que existen AES posee acciones en AES GENER y NORGENER, participa con el 25,6% de la capacidad instalada, El Grupo Enersis a través de Endesa Chile, tiene acciones en CELTA y en Gas Atacama posee un 50% de las acciones por lo que su participación en la capacidad de generación en el SING es de un 23%. Tractebel es propietaria de Electroandina posee un 27,6% de la capacidad instalada.

En el SING el 76% de la generación pertenece a sólo tres propietarios.

Desde el punto de vista de la distribución el SING trabaja con cinco empresas distribuidoras; en la segunda región ELECDA posee el 100% de la distribución y el 54,39% del total que abastece al SING.

CUADRO N° 5: Principales empresas de distribución.

Empresa		Región de Distribución	% Ventas de Energía con respecto al total ventas distribuidoras
Cód.	Nombre		
SING	EMELARI	I	17,47%
	ELIQSA	I	28,11%
	ELECDA	II	54,39%
	EMELPAR	I	-
	COOPERSOL	I	0,03%

Cada año la demanda de energía aumenta, ya sea por nuevos proyectos mineros u otros motivos, y esta situación ha obligado a aumentar cada año la generación de electricidad y esta tendencia no para y cada año se necesita más electricidad en la segunda región, desde el año 2003 al 2007 el aumento en la generación fue de un 30,8%.

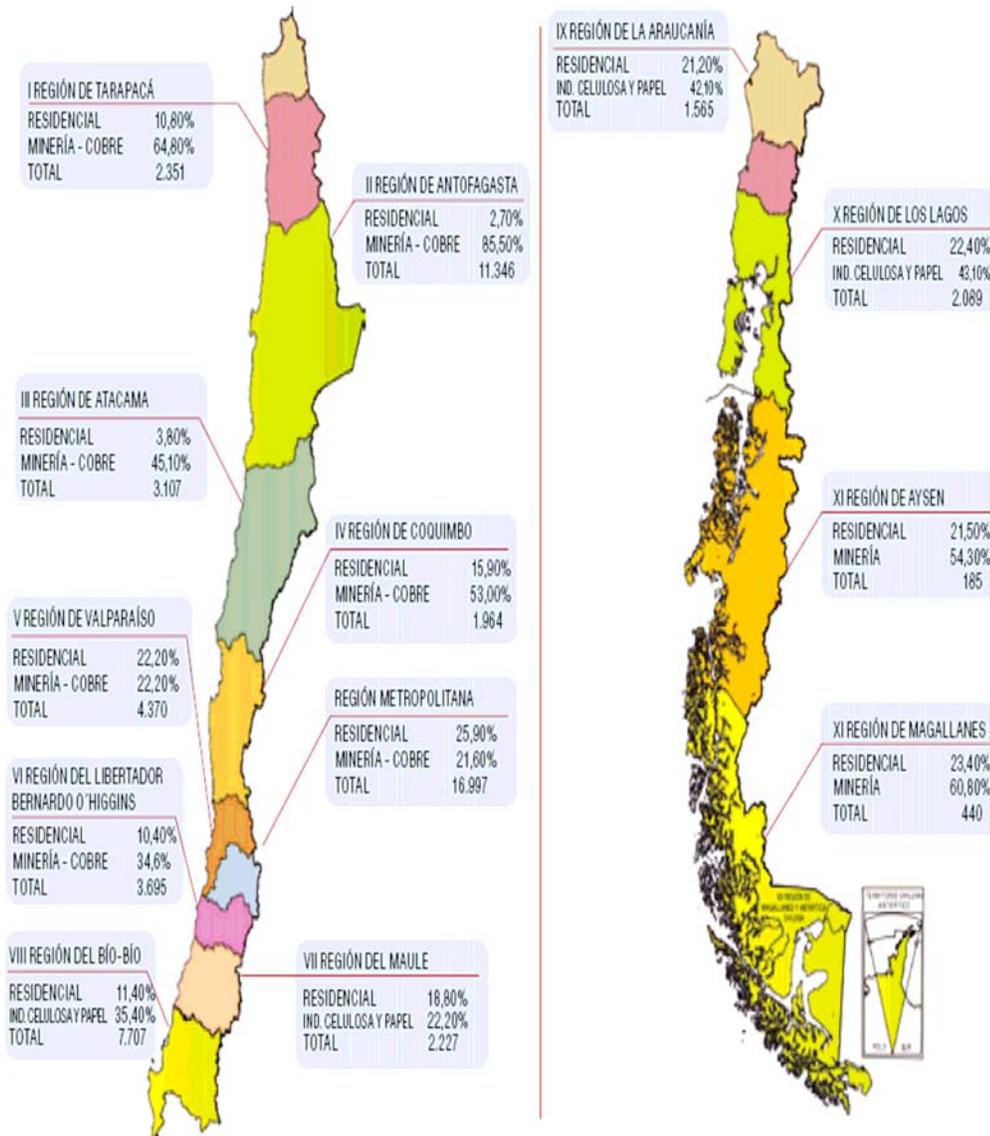
CUADRO N° 6: Generación Bruta GWh.

Sistema	2003	2004	2005	2006	2007
SING	9.989	11.379	11.425	11.525	13.068
SIC	32.604	34.742	36.472	39.409	40.696
AYSEN	96	107	116	129	133
MAGALLANES	185	196	207	222	237
AUTOPRODUCTORES	2.365	2.447	3.355	3.111	3.088
TOTAL	45.239	48.871	51.575	54.396	57.222

3.4.2.- Demanda

Los principales consumidores de electricidad en la segunda región de Chile, son las empresas mineras y el consumo residencial en mínimo comparado con esta industria.

Del total de la energía eléctrica generada en la segunda región, casi un 90% del consumo se lo llevan las empresas mineras, por lo que se puede decir, que el gran consumidor y mercado objetivo de la producción de electricidad es la industria minera.



* Cada región considera el consumo total, residencial y el principal destino del sector económico.

FIGURA N° 14: Mapa de consumo energético nacional. Fuente: INE

3.5.- Conclusiones Capítulo.

Por toda la información expuesta anteriormente, se puede decir que el mercado energético del norte grande de Chile, es un mercado gigante y en un crecimiento acelerado, dado que la demanda de las empresas mineras es cada día mayor, esto producido por las expansiones de yacimientos o por la apertura de otros y esta marcha no se detiene.

La potencia instalada es de 3700MW, pero por el rendimiento y factores económicos, sólo es posible generar 1800MW de potencia de los cuales son requeridos 1600MW, esto nos dice que se está casi en el límite y retrasa la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros, pudiendo retrasar el desarrollo del área que, por otra parte, dada su importancia el desarrollo del país.

Las energías alternativas tienen, también, su espacio en este mercado ya que pueden ser un aporte a esta creciente demanda energética. Los consumidores comunes y corrientes como son los hogares de la región, poco a poco, están siendo captados por estas nuevas alternativas de energía, como lo revela el censo del año 2002 y esta tendencia también se puede expandir al área industrial ya que son los que más demanda tienen de este recurso, y en forma paulatina ir remplazando las tradicionales fuentes de energía.

Capítulo 4: Estudio Técnico.

4.1.- Introducción.

Para lograr un óptimo funcionamiento de este tipo de plantas, es necesario que se cumplan una serie de condiciones en el lugar donde se emplazará la estructura, además los equipos deben ser los adecuados para los objetivos planteados.

Este estudio nos permitirá saber exactamente qué condiciones se deben cumplir, que tecnología y equipos son los adecuados para conseguir lo esperado.

4.2.- Ubicación.

El lugar donde se emplace esta torre debe cumplir una serie de condiciones, de tamaño, de clima, etc. Éste debe ser amplio ya que la superficie que requiere el colector solar es muy extensa, además las condiciones climáticas son fundamentales para el éxito de este tipo de instalaciones, debe ser un clima templado y con muy buena radiación solar, ya que el sol es nuestra principal y única fuente de energía.

A nivel mundial son pocos los lugares que nos pueden brindar este tipo de condiciones, principalmente son lugares muy áridos y con niveles de radiación solar muy altos, la fig. 15 muestra el panorama que nos ofrece el sol a nivel mundial.

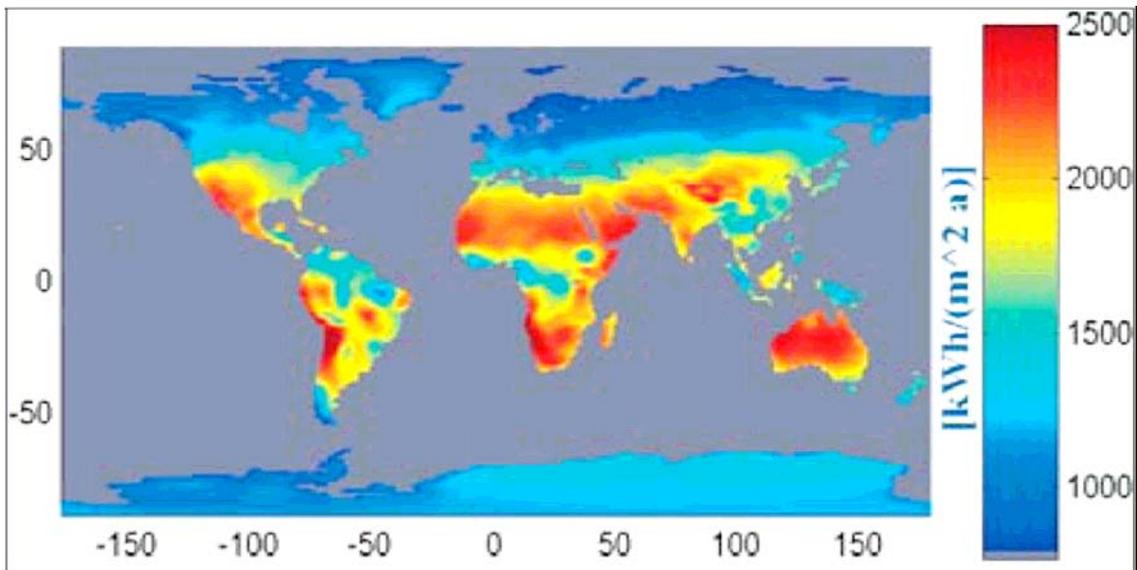


FIGURA N°15 Zonas ideales para Plantas Solares.

Chile es un país privilegiado en este recurso, como nos muestra la figura anterior, especialmente, la zona norte, una zona desértica y con grandes extensiones de suelo, aparentemente un lugar ideal para la explotación de la energía solar.

CUADRO N° 7: Niveles de Radiación en las Regiones de Chile. ([7] Bibliografía.)

Región	Radiación (Kcal/m²)/día	Región	Radiación (Kcal/m²)/día	Región	Radiación (Kcal/m²)/día
I	4.554	VI	3.676	XI	2.603
II	4.828	VII	3.672	XII	2.107
III	4.326	VIII	3.475	RM	3.570
IV	4.258	IX	3.076	Antártida	1.563
V	3.520	X	2.626		

La segunda región de Antofagasta presenta los niveles más altos de radiación. Si volvemos a la fig. 15 se ve claramente que España posee niveles de radiación muy por debajo de los de Chile, aun así, se puso en funcionamiento la planta Manzanares que más tarde se derrumbó producto de una tormenta.

Originalmente, la segunda región de Chile ya había sido escogida para la implementación de esta planta y dada la información expuesta, resultó ser la región ideal para la llevar a cabo este estudio.

Dentro de la región, Calama capital de la provincia del Loa, se presenta como la mejor alternativa dada su alta radiación y su poca nubosidad durante la mayor parte del año.



FIGURA N°16 Ubicación de la Torre, Sector Quebrada de Quetena, Calama.

Latitud: 22°27'14.01"S

Longitud: 68°58'23.27"O

4.3.- Estructura.

Una chimenea solar es, básicamente, una gran estructura metálica cubierta de un material que permita el paso los rayos solares (plástico o vidrio) y sea capaz de retener en el interior de la estructura, el calor que estos traen.

Para poder determinar los materiales de esta estructura y sus características, ésta fue modelada con el software AVwin98, software diseñado para el modelado y análisis de estructuras metálicas.

Este moldeamiento nos permitió determinar exactamente la cantidad de perfiles, sus dimensiones y diferentes secciones para la construcción de esta gran estructura. Además de asegurarnos que, ésta será capaz de sostenerse en pie dado que por sí sola sin cargas externas, es una estructura pesada y de gran envergadura.

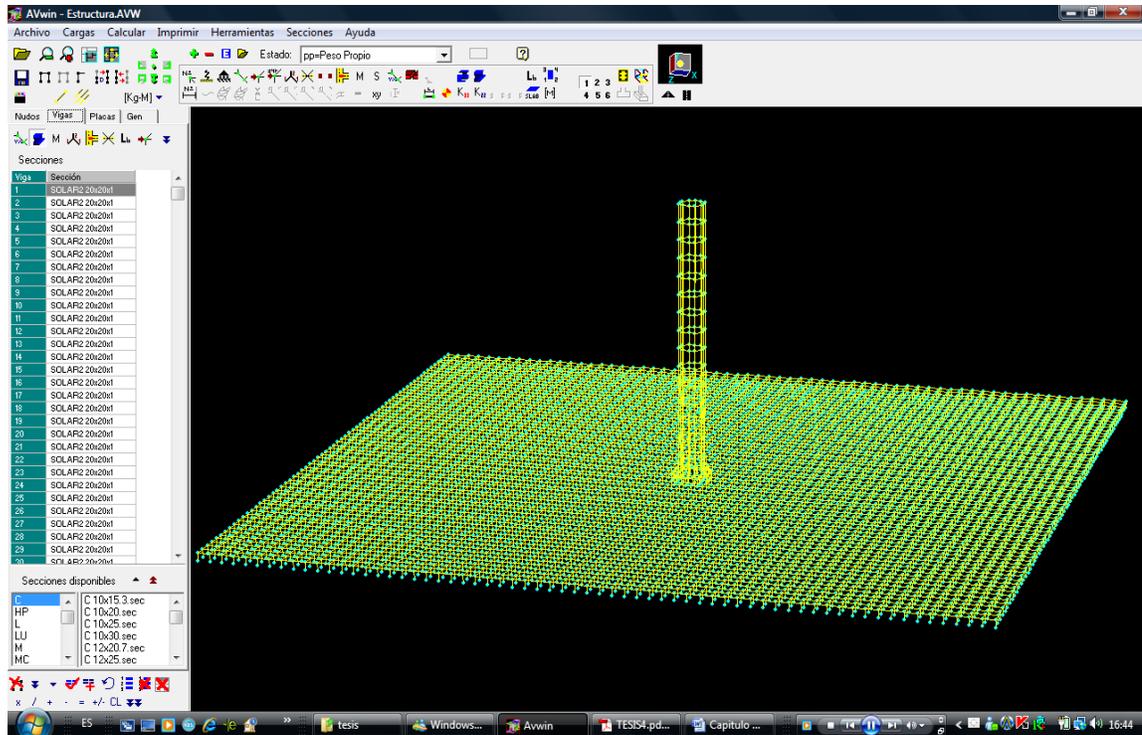


FIGURA N°17 Modelado de estructura metálica en AVwin98.

4.3.1.- Colector Solar.

El colector solar, es el área que recibe los rayos solares y provoca un efecto invernadero al interior de la estructura, ya que está cubierta de vidrio.

Es la estructura de mayor envergadura dentro de los componentes de la torre solar (Colector y chimenea), pero es una estructura simple que no constituye una gran complejidad en su construcción o diseño, pero esto no disminuye su importancia dentro del conjunto ya que es ella la que capta la energía solar.

Para este estudio, tras cálculos anteriores, el área de este colector es de 65.536 m², lo que se traduce en una superficie cuadrada de 256m x 256m, esto para facilitar su construcción sin afectar el área necesaria para la recepción de la energía solar.

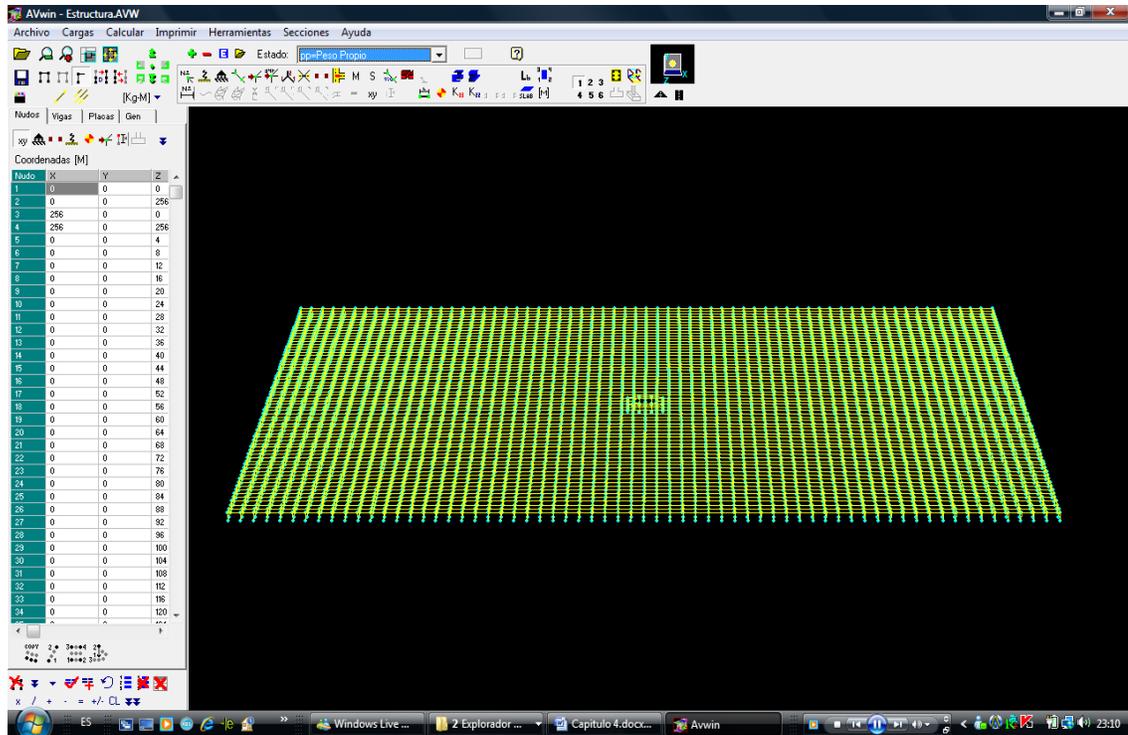


FIGURA N°18 Colector solar modelado en AVwin98.

El colector está construido en su totalidad por perfiles cuadrados y perfiles T, los cuadrados son los pilares que sostienen la estructura y los T forman parte de la superficie expuesta al sol, además se optó por este tipo de perfil para el techo para facilitar el montaje del vidrio.

Este colector está formado por 4096 estructuras similares a la que se muestra en la fig. 19, cada una cubre una superficie de 16m^2 dando el total de 65.536m^2 ya mencionados.

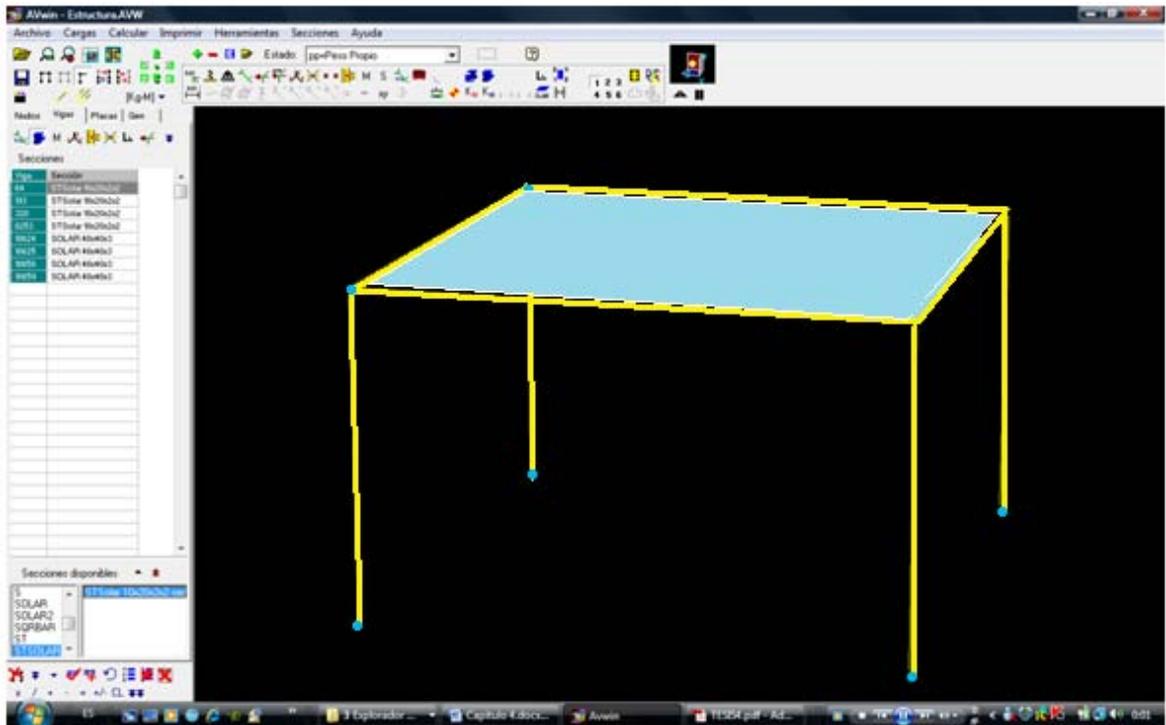


FIGURA N°19 Componente del colector solar, modelado en AVwin98.

Materiales Colector Solar.

Perfil Cuadrado.

Se utilizarán para la construcción de este colector 10630 Mts de perfil cuadrado 40x40x3 mm, de acero A36, es decir 1772 perfiles cuadrados.



FIGURA N°20 Perfil Cuadrado 40x40x3, A36.

Perfil T

Se utilizarán en la construcción de este colector 33318 Mts de perfil T 10x20x2x2 mm, de acero A36, en total serán 5553 perfiles T, dispuestos en forma invertida a lo que muestra la fig.21, esto para facilitar el montaje del vidrio.

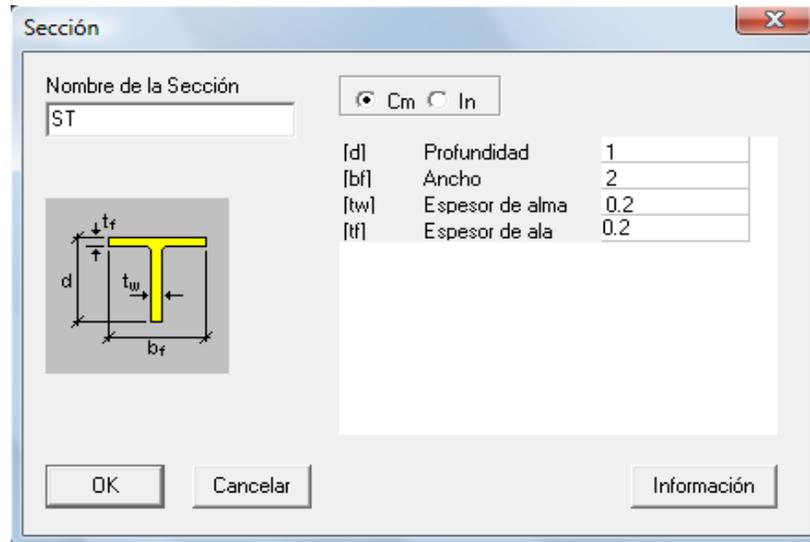


FIGURA N° 21 Perfil T 10x20x2x2, A36.

Vidrio.

Para la superficie transparente del colector de 65.536 m², se utilizará vidrio monolítico de 6mm, porque a diferencia de la otra opción como el plástico de invernadero, el vidrio posee una vida útil mayor.

CUADRO N°8: Comparación vidrio/plástico. ([3] bibliografía)

Material	Costo M ²	Vida Útil	Factor Comparación
	\$	Años	\$/año
Vidrio	2.500	20	125
Plástico	700	4	175

Finalmente, se utilizará vidrio monolítico de 4000x4000x6 templado. **Ver Anexo 4.**

4.3.2.- Chimenea.

La chimenea es el elemento que permite la evacuación del aire caliente. Además, es en la base de ésta, donde se ubica el generador eólico que transforma la corriente de aire en energía eléctrica. Esta chimenea es una gran estructura metálica que alcanza una altura de 90 mts y, al igual que el colector, no presenta gran complejidad en su construcción, pero dada su altura, además de soportar su propio peso, debe soportar la acción del viento, ya que Calama es un lugar con gran radiación solar y un área de mucho viento.

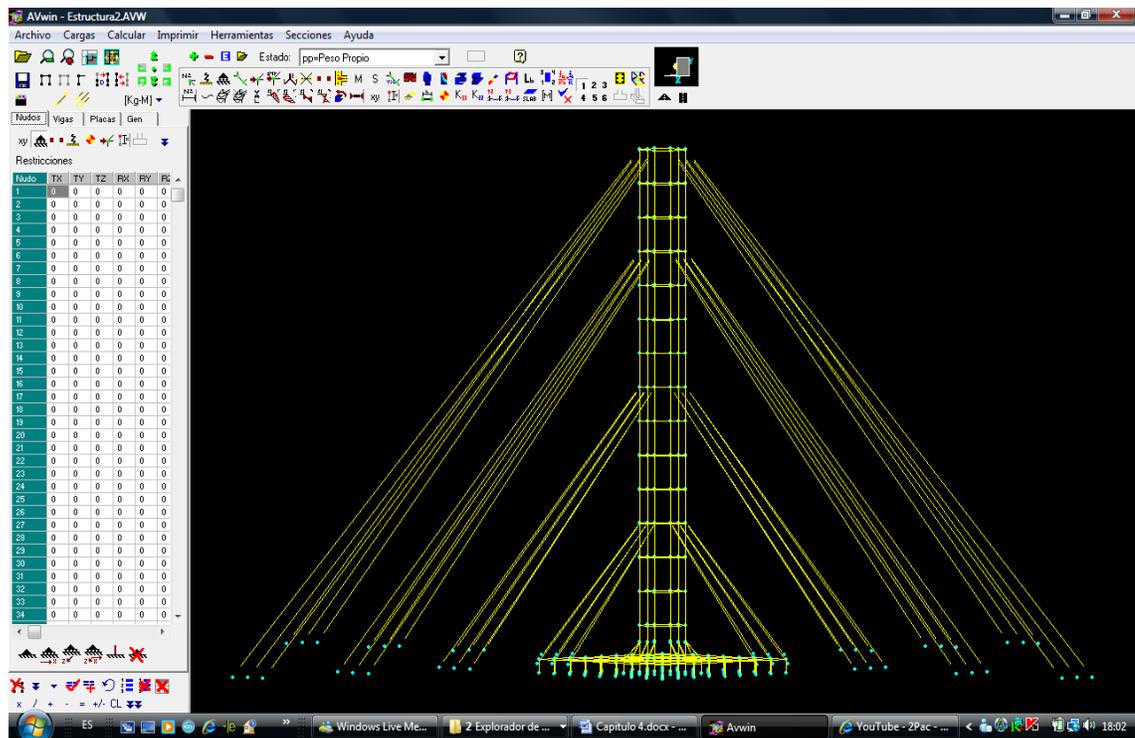


FIGURA N°22 Chimenea Modelada en AVwin98.

Para poder determinar los materiales y saber que resistirá los estados de carga a los que será sometida (peso propio y viento), fue modelada con el software AVwin98 tal como se ve en la fig.22, en la figura sólo se muestra la estructura de la chimenea.

La estructura fue sometida a dos estados de carga, como parte del moldeamiento, éstos fueron, el peso propio de la estructura y la acción del viento, que según estudios (**Ver Anexo 5**) en Calama los vientos promedian una velocidad de 7 m/s, pudiendo generar una presión de $2,5 \text{ kg/m}^2$. Para el modelado se consideró una velocidad de 14 m/s que representa una presión de 10 kg/m^2 .

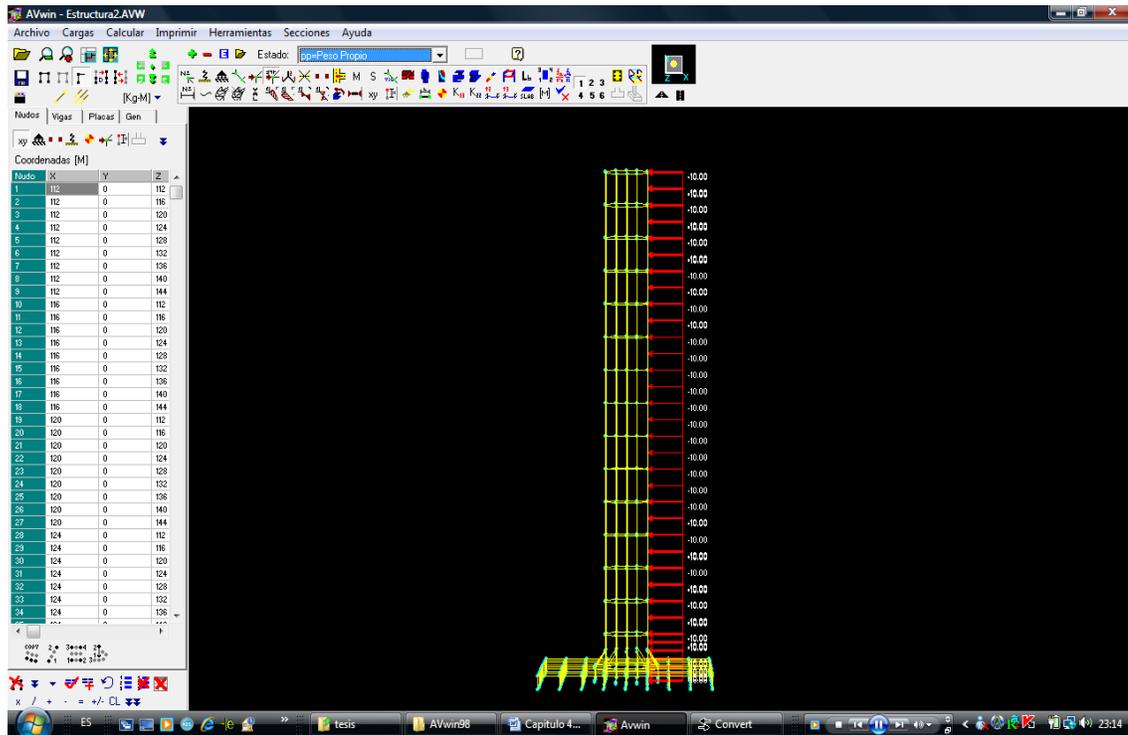


FIGURA N°23 Chimenea con una carga distribuida de 10 kg-M, simulando el viento actuando de forma horizontal.

La estructura, luego de ser sometida a este estado de carga, reaccionó en forma satisfactoria, señal de que los materiales seleccionados y el diseño de la estructura son correctos.

Materiales Chimenea.

Perfil Cuadrado.

En esta estructura se utilizan dos medidas de perfiles cuadrados, para diferentes funciones:

Perfil A.

Perfil cuadrado de 100x100x5 mm, A36, se utilizan 1356.88 mts de este perfil, es decir, 227 tiras y es utilizado en los pilares de la chimenea.

Perfil B.

Perfil cuadrado de 40x40x3 mm, A36, se utilizan 410 mts, es decir, 69 tiras y se utiliza como unión de los pilares de la chimenea y da la forma a esta.

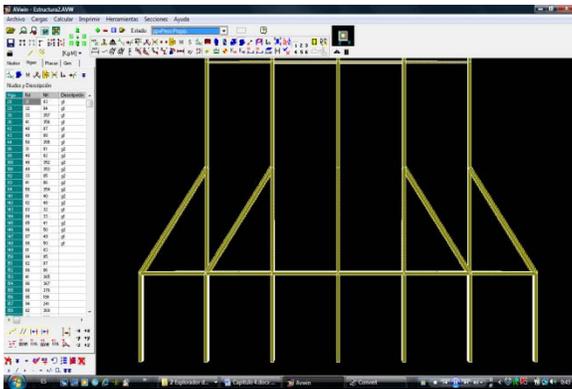


FIGURA N°24 Base Chimenea.

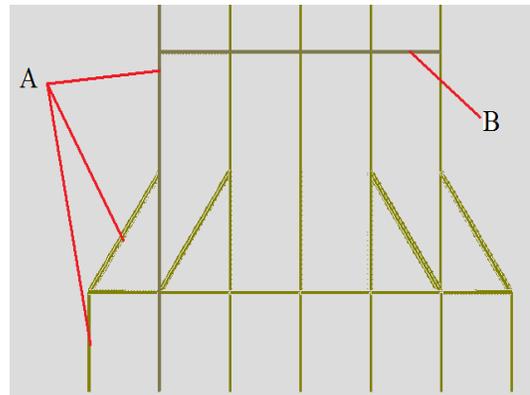


FIGURA N°25 Identificación de Perfiles

Recubrimiento chimenea.

Para cubrir la chimenea se utilizarán planchas de zinc alum 5-V de 0,35x895x2000 mm y pintada con pintura roja y blanca alternadamente para facilitar la visión de aeronaves, esto debido a la gran altura de las instalaciones.



FIGURA N°26 Plancha de Zinc Alum.

Cable tensor o Vientos.

Para ayudar a la estructura a soportar la acción del viento, se utilizan 4024 mts de cable de acero de 10 mm de diámetro. **Ver Anexo 10**

Seguridad e Iluminación.

Debido a la gran altura de la estructura se hace necesario instalar balizas, para que ésta sea vista en la noche y evite colisiones con algún tipo de aeronave. **Ver Anexo 6**

4.4.- Equipos e instrumentos.

Para la generación eléctrica de 20 kw se utilizara una turbina eólica WindCube de Green Energy, la cual pose las características que requiere este proyecto, tales como: capacidad de generación, velocidad de corriente de aire y tamaño.

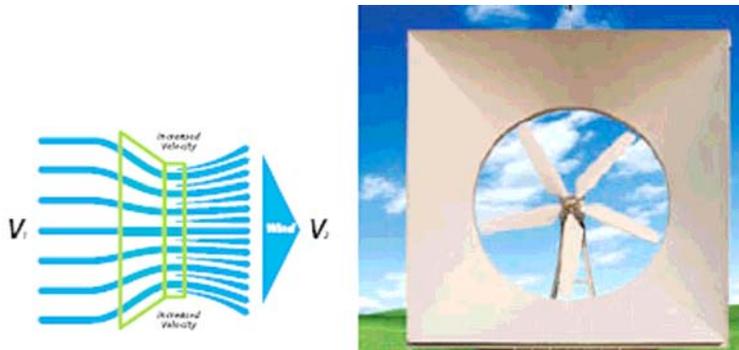


FIGURA N°27 Turbina WindCube.

Características técnicas

Información de el funcionamiento:

Capacidad de Potencia – 60 kW

Corte en la velocidad del viento – 5 mph (2.2 m/s)

Capacidad de la velocidad del viento – 26.8 mph (12 m/s)

Tipo de generador - 3-fase Directa de unidad asíncrona

Capacidad de voltaje – 480 voltios

Capacidad de corriente – 107.8 amperios

Capacidad de Frecuencia – 60 Hz / 50 Hz

Sistema de frenado – Electromecánico de seguridad de frenado

Sistema de Capacidad de orientación –Electromecánico con sistema de monitoreo de la dirección del viento

Diseño – Multi-marco de acero revestido reciclable

Ruido – Cabina para reducir el Ruido

Información de el Rotor :

Número de aspas del rotor – 5

Diámetro del rotor– 15 pies (4.6 m)

Área – 176.7 pies² (16.4 m²)

Velocidad del Rotor – 290 rpm máx

Material de las aspas – Fibra de vidrio reforzada

Ruido –Las aspas del rotor diseñadas para minimizar el ruido

Dimensiones:

WindCube® –22-pies de altura x 22-pies de ancho x 15 pies de profundidad

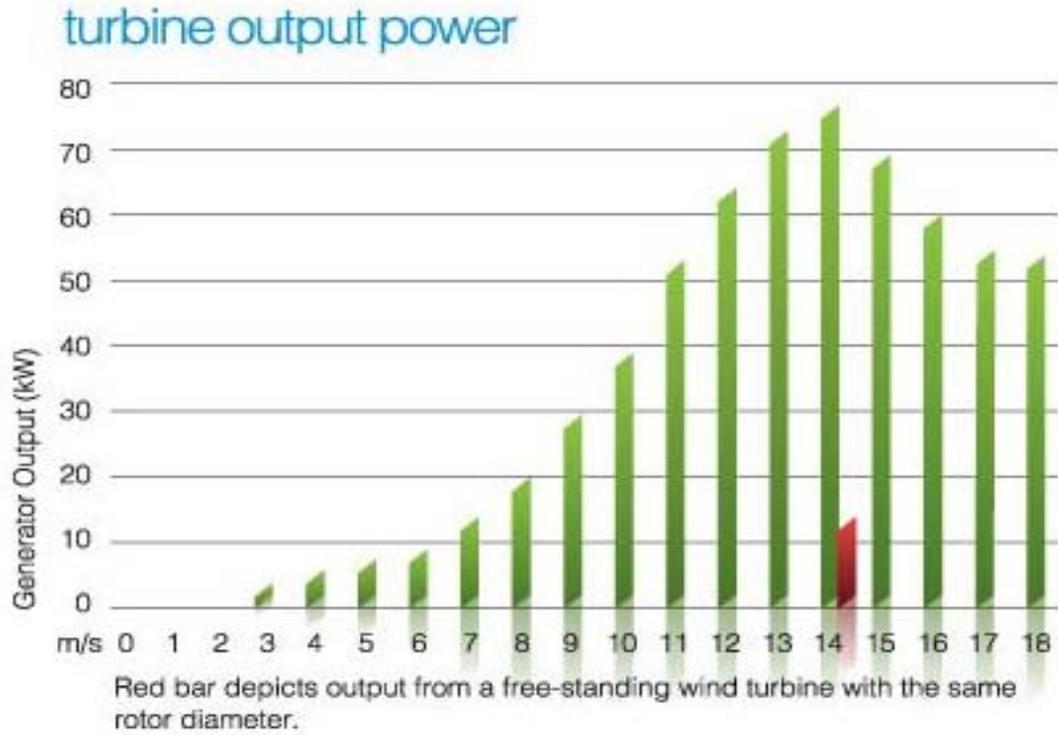


FIGURA N°28 Gráfico Potencia de salida v/s Velocidad del Aire.

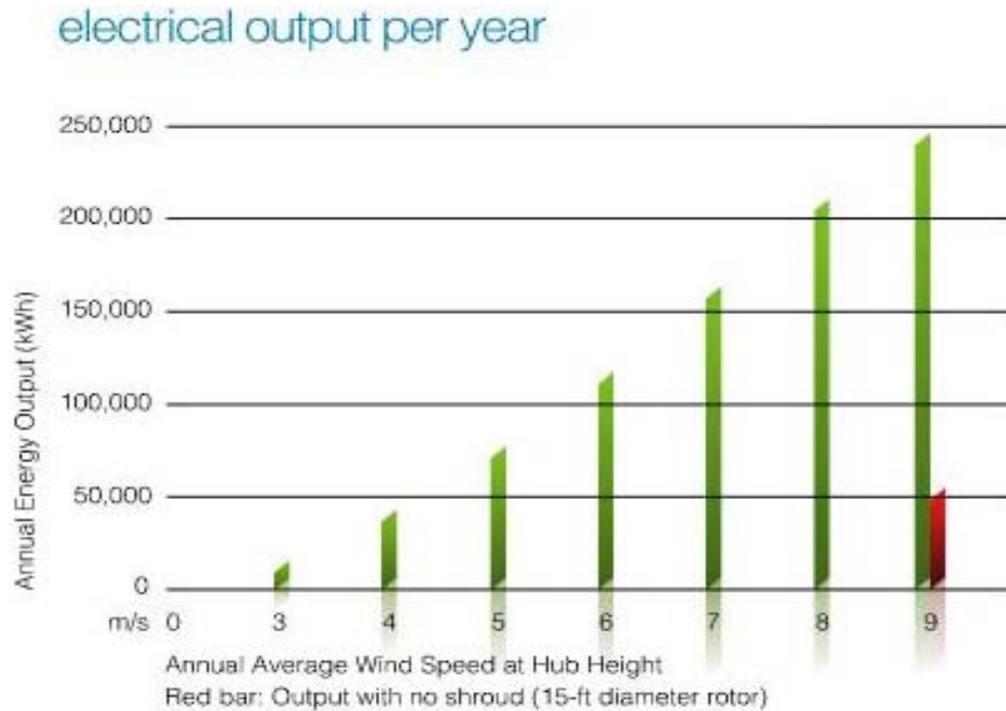


FIGURA N°29 Gráfico Generación Anual v/s Velocidad del Aire.

Este equipo estará ubicado en la base de la chimenea, dispuesto en forma horizontal para enfrentar de frente la corriente de aire ascendente.

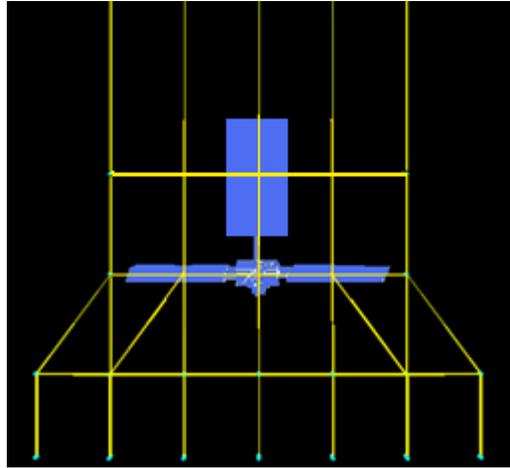


FIGURA N°30 Ubicación Turbina.

La turbina WindCube, trae incorporado un panel de control y además un sistema de monitoreo a distancia, el que permite advertir a cada minuto el correcto funcionamiento de ésta y un programa pos venta que incluye mantenimiento y repuestos.

4.5.- Acceso a las instalaciones.

Debido a que la ubicación de las instalaciones no cuenta con caminos de acceso, se hace necesaria la construcción de un camino secundario de aproximadamente 3 Km, para facilitar el transporte de materiales y de personal.

Capítulo 5: Estudio organizacional y legal.

5.1- Introducción.

Todas las tecnologías, ya sean nuevas o de antaño deben tener una regulación, más aun si tienen un impacto directo en la sociedad. Una torre o chimenea solar va en beneficio de la sociedad, principalmente en la descontaminación de las ciudades, reemplazando las formas tradicionales de generar energía eléctrica y por ello debe estar regulada de alguna forma para no caer en abusos y también para fomentar el uso de tecnologías limpias. Este estudio nos entrega qué normativa existe en Chile referente a este tema o si está en estudio algún tipo de regulación.

Por otra parte, una inversión de este tipo no se hace por simple gusto, esta inversión lleva consigo una opción de negocio y debe generar retribución a los inversionistas, por lo que es necesaria una organización, que lleve a cabo una buena gestión de negocio y sepa sacar adelante la inversión, esta organización debe tener una gerencia y su respectiva cadena de mando.

5.2.- Políticas de energías renovables en Chile.

La Presidenta Bachelet se comprometió en su Programa de Gobierno, a que el 15% de la nueva capacidad de generación entre 2006 y 2010 deberá provenir de ERNC (Energías Renovables No Convencionales).

El sistema económico del Chile, deja en manos del mercado las decisiones de política económica, por lo que se hace muy difícil crear incentivos para el fomento de ERNC que tantos buenos resultados económicos ha dado a países como España o Alemania.

Existe una normativa que no promueve la utilización de estas energías, pero garantiza que la producción energética, sea del tipo que sea, vaya al sistema interconectado correspondiente a la zona en que se produzca, esta normativa está compuesta por tres leyes cortas las que son:

Ley 19.940 (Ley Corta I): (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile)

- Derecho a vender energía en mercado y potencia a precio de nudo
- Tratamiento operacional y comercial simplificado
- Asegura conexión (<9 MW) a redes de distribución
- Exención total de peaje troncal para <9 MW; y exención parcial de peaje troncal para 9-20 MW

Ley 20.018 (Ley Corta II): (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile)

Aunque la Ley Corta II no fue pensada para favorecer a las ERNC, sino para incentivar la inversión en cualquier tipo de generación, al introducir los procesos de licitación que deben fijar precios en el largo plazo, las ERNC podrían ayudar a disminuir los riesgos de volatilidad de los precios de los combustibles que obligan a los generadores en las licitaciones a indexar los precios de la electricidad a los precios de los combustibles.

Características:

- Permite participación en licitaciones de suministro de distribuidoras
- Creación de mercado para ERNC, en condiciones de precios similares a las energías convencionales
- Derecho a suministrar el 5% de la demanda de la distribuidora a precios competitivos

Reglamentos de Leyes Corta I y II:

- DS 244(2006): Medios de Generación No Convencionales y Pequeños Medios de Generación
- Asegura a generadores <9MW vender su energía a CMg o Pnudo, operando con auto despacho
- Define procedimientos de conexión, operación y comunicación con EEDD y CDEC
- Resolución 398(2006): Mecanismo para licitar 5% de las Empresas de Distribución

- Decreto 62(2006): Potencia de Suficiencia
- Norma técnica de cogeneración (revisión)
- Normas técnicas de conexión en distribución (revisión)

Ley de ERNC 20.257 (Ley Corta III): (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile)

- Generadores obligados a acreditar entre 5% y 10% de ERNC respecto de sus retiros, ya sea por medios propios o contratados, en cualquier sistema interconectado

- Plazos y porcentajes acreditación:

2010-2014 5%

2015-2024 incremento anual de 0,5% sobre 5%

2025-2034 10%

- Excedentes de ERNC mayores a la obligación pueden ser comercializados entre generadores

- Obligación para contratos suscritos a partir del 31/Agosto/2007, en sistemas eléctricos >200 MW

- Medios de generación ERNC válidos: aquellos conectados después del 1/Enero/2007

- Balances anuales de energía con ERNC se hacen obligatorios a partir de 1/Enero/2010

- Obligación de acreditación de ERNC estará vigente hasta Diciembre de 2034

- Sanción por incumplimiento a beneficio de clientes cuyos suministradores cumplen obligación: equivalente a 0,4 UTM/MWh (30 US\$ por MWh) no acreditado; reincidencia 0,6 UTM/MWh (45

US\$/MWh).

- Mecanismo de flexibilización para cumplimiento: postergación de un año para <50% de la obligación

- Multas serán distribuidas entre los clientes cuyos generadores hayan cumplido con la obligación de ERNC
- Fiscalización de la obligación y acreditación: CDEC, SEC, CNE

Los partidarios de la ley ERNC defienden su posición diciendo que a partir de 2010 aparece una demanda por electricidad generada mediante ERNC, incentivando la inversión en esas tecnologías; y que el alza de precio de los combustibles fósiles hará crecer el precio de la electricidad, otorgando mayor competitividad a la generación mediante ERNC sin necesidad de ningún incentivo adicional.

Los detractores de la ley ERNC, opinan que como nada garantiza que las multas por incumplimiento de las obligaciones vayan a incrementar los ingresos de los generadores ERNC, las inversiones no se producirán. Apoyan esta opinión diciendo que son los dos o tres grandes generadores convencionales los que tienen la obligación; y que incluirán el valor de las multas en los precios de las licitaciones, traspasando ese costo a los consumidores finales. Justifican esa posición aduciendo que esos grandes generadores no promoverán las inversiones en generación ERNC, pues la presencia de estas nuevas plantas, por ser de menor costo marginal, disminuiría la cantidad horas anuales en que son despachadas sus plantas de generación térmica que aun no han pagado su inversión.

Personalmente y como estudioso del tema, creo que es necesario legislar al respecto y además promover el desarrollo de esta tecnología, pero en forma paulatina, ir por etapas, permitiendo y promoviendo un cambio tecnológico en las termoeléctricas ya existentes, cambiando su fuente energética del petróleo a la energía solar o fusionando estas tecnologías en ciclos combinados y de esta forma asegurar la recuperación de su inversión y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles en el futuro.

Un proyecto de ley ha sido propuesto por el senador Antonio Horvath Kiss ver Anexo 9.

5.3.- Estructura organizacional.

(Fuente: Pedro Acuña Goycolea Ing. Civil Industrial).

Cuando se piensa en crear las bases para la formación de una empresa, la tendencia es suponer que las actividades deben darse en un ambiente de gran formalidad, donde las medidas y procedimientos y los sistemas de planificación a adoptar son tomados por la alta dirección de la organización. Sin embargo, hoy se ha tomado consciencia que este tipo estructura tiene ciertas desventajas como la excesiva burocratización y el bajo nivel de gestión del personal de los niveles inferiores; no obstante es imprescindible.

La formalidad del representante jurídico de la empresa es fundamental, principalmente porque se debe hacer frente a los entes financieros; ya sean públicos o privados, frente a entes técnicos controladores como el Servicio Nacional de Salud, Servicio de Impuestos Internos, entre otros, y frente a los proveedores de materias primas, insumos y suministros.

La empresa será constituida como una sociedad anónima, la cual, constará con un directorio cuyos miembros serán temporales, y como delegado existirá un gerente general, quien estará a la cabeza de la empresa.

La empresa se constituirá siguiendo una estructura vertical, como se puede ver en el diagrama organizacional del la Fig.31.

Según este organigrama, se pueden distinguir los siguientes cargos:

- ◆ Director: responsable de dictar las políticas globales de la empresa.

- ◆ Gerente general: responsable de la empresa, revisa junto al gerente de producción las distintas áreas y los planes de la empresa de acuerdo con las políticas emanadas del directorio.

- ◆ Gerente de producción: será el responsable del proceso productivo, de la coordinación de los controles de calidad, de la planificación de la producción y mantenimiento de la planta.

- ◆ Jefe de planta: responsable de la supervisión diaria de la planta, del personal total de la planta y de la planta como un ente físico; es responsable de dirigir el proceso productivo, debe revisar los planes de producción junto al jefe de producción.

- ◆ Jefe de producción: será responsable de ejecutar el proceso productivo y de coordinar e interactuar directamente con el personal de producción, teniendo la responsabilidad de cumplir y superar los planes estipulados por la alta dirección de la empresa.

- ◆ Jefe de Mantenimiento: responsable del funcionamiento de la planta coordinando las tareas de mantenimiento con los técnicos y operarios calificados para dicho fin.

El siguiente esquema ilustra la organización de la empresa:

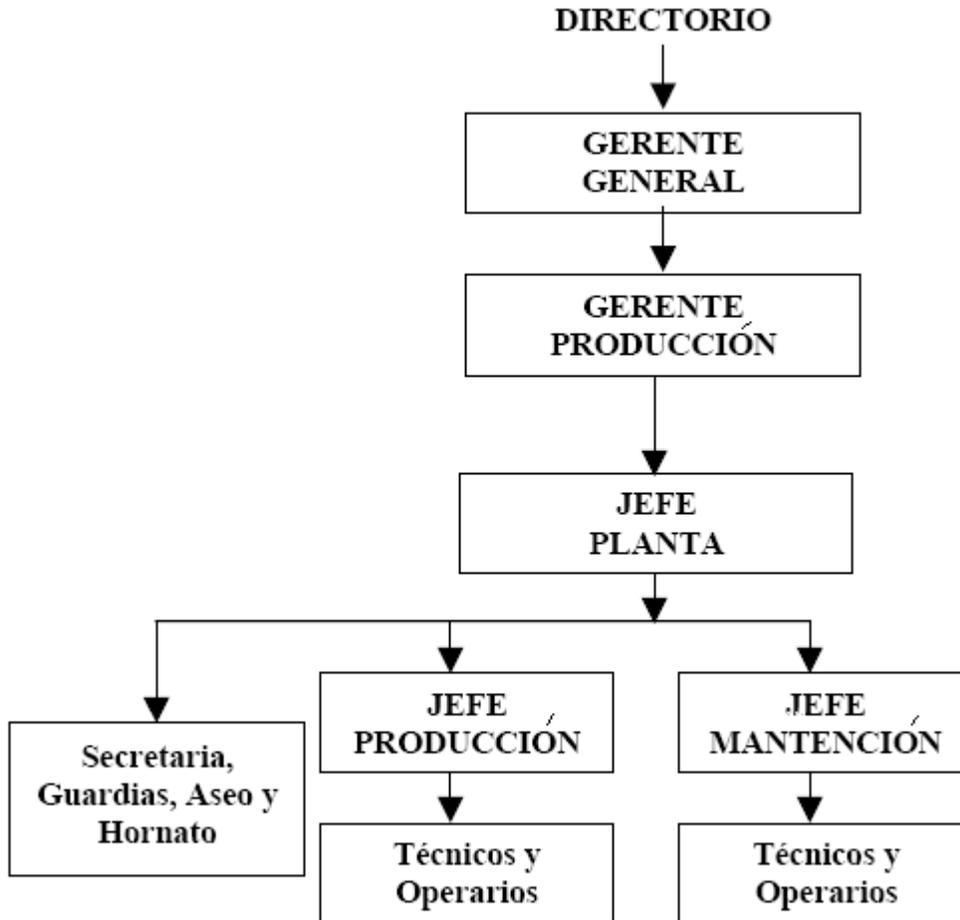


FIGURA N°31: Estructura Organizacional

5.4.- Obtención de la personalidad jurídica.

Según la Ley 18.046 “De constitución de sociedades anónimas”, la escritura social deberá expresar:

1. Los nombres, profesión y domicilio de los accionistas que concurran a su otorgamiento.
2. El nombre y domicilio de la sociedad.
3. La enunciación del o los objetos específicos de la sociedad.
4. La duración de la sociedad, la cual podrá ser indefinida y, si nada se dice, tendrá este carácter.
5. El capital de la sociedad, el número de acciones en que es dividido con indicación de sus series y privilegios si los hubiere y si las acciones tienen o no valor nominal; la

forma y plazo en que los accionistas deben pagar su aporte, y la indicación y valoración de todo aporte que no consista en dinero.

6. La organización y modalidades de la administración social y de su fiscalización por los accionistas.

7. La fecha en que debe cerrarse el ejercicio y confeccionarse el balance y la época en que debe celebrarse la junta ordinaria de accionistas.

8. La forma de distribución de las utilidades.

9. La forma en que debe hacerse la liquidación.

10. La naturaleza del arbitraje a que deberán ser sometidas las diferencias que ocurran entre los accionistas en su calidad de tales, o entre éstos y la sociedad o durante su liquidación.

Si nada se dijere, se entenderá que las diferencias serán sometidas a la resolución de un árbitro arbitrador.

11. La designación de los integrantes del directorio provisorio y de los auditores externos o de los inspectores de cuentas, en su caso, que deberán fiscalizar el primer ejercicio social.

12. Los demás pactos que acordaren los accionistas.

Según el Artículo 5º, un extracto de la escritura social, autorizado por el notario respectivo, deberá inscribirse en el Registro de Comercio correspondiente al domicilio de la sociedad y publicarse por una sola vez en el Diario Oficial.

La inscripción y publicación deberán efectuarse en un plazo de 60 días contados desde la fecha de escritura social.

El extracto de la escritura de constitución deberá expresar:

- El nombre, domicilio y profesión de los accionistas que concurran a su otorgamiento.
- El nombre, él o los objetos, el domicilio y la duración de la sociedad.
- El capital y el número de acciones en que se divide, con indicación de sus series y privilegios, si lo hubiere, y si las acciones tienen o no valor nominal, y
- Indicación del monto del capital suscrito y pagado y plazo para entregarlo, en su caso.

Según el Título II “Del nombre y del objeto”, Artículo 8º, el nombre de la sociedad deberá incluir las palabras “Sociedad Anónima” o la abreviatura “S.A.”, no pudiendo ser el mismo al de otra ya existente.

Las obligaciones y deberes tanto de los accionistas para con la empresa y de éstas con sus proveedores y consumidores se detalla de mejor manera en el Código de Comercio de Chile y en la Ley 18.046 “De constitución de sociedades anónimas”.

5.5.- Requerimientos legales para la compra del terreno

(Fuente: Pedro Acuña Goycolea Ing. Civil Industrial).

I. Solicitar documentación de la propiedad al conservador de bienes raíces:

- (a) Dominio vigente.
- (b) Hipotecas y gravámenes.
- (c) Prohibiciones, interdicciones.
- (d) Litigios.

II. Solicitar a la municipalidad:

- a) Certificado de no expropiación.

III. Solicitar al S.I.I y Tesorería:

- a) Certificado de avalúo fiscal.
- b) Solicitar al Serviu:
 - Certificado de no expropiación.
 - Certificado de deuda.

Luego se efectúa la promesa de compra. Finalmente se envían todos estos certificados al abogado para la confección de la escritura para ser luego llevada al notario

Posteriormente, es retirada de la notaría y se ingresa en el conservador de bienes raíces.

5.6.- Trámite de permiso municipal.

(Fuente: Pedro Acuña Goycolea Ing. Civil Industrial).

Para este efecto se requiere tramitar una patente municipal. Este trámite requiere de la presentación de:

- Informe aprobado por la dirección de Obras Municipales (según formulario de Solicitud de Autorización Funcionamiento de la Empresa).
- Autorización oficial sanitaria por parte de la oficina de Salud del Ambiente (según formulario correspondiente) previo pago del arancel pertinente y visita del inspector del Servicio de Salud al lugar de ubicación de la planta.
- Fotocopia legalizada de la escritura de constitución de sociedad, firmada por el representante legal de la empresa.
- Presentar formulario de declaración de capital firmado por el representante legal de la empresa.

El pago de patente se realiza semestralmente y se renueva automáticamente.

Capítulo 6: Estudio Económico.

6.1.- Introducción.

Después de todo lo estudiado anteriormente, es necesario determinar el costo total para una posible inversión, este capítulo se enfocará en determinar dichos costos.

Los costos que a considerar, serán los costos de la construcción de la planta y los de operación de ésta; esto incluye materiales, mano de obra y los sueldos para los trabajadores de planta, encargados de mantener operativa la planta.

La información obtenida tratara de acercarse lo más posible a la realidad, para ello se cotizará en el mercado local y nacional, para los equipos más sofisticados se cotizara, de ser posible, directamente con los proveedores de estos.

6.2.- Construcción del colector.

Materiales:

CUADRO N° 9: Costo materiales del colector.

Material	Unidades	Costo Unidad	Total con IVA
Perfil Cuadrado	1772	\$20.358 pesos	\$36.074.376 pesos
Perfil T	5553	\$4.714 pesos	\$26.176.842 pesos
Vidrio	4096	\$20.450 pesos	\$83.763.200 pesos
TOTAL			\$146.014.418 pesos

6.3.- Construcción chimenea.

Materiales:

CUADRO N° 10: Costo materiales de la chimenea.

Material	Unidades	Costo Unidad	Total con IVA
Perfil Cuadrado A	227	\$39.164 pesos	\$8.890.228 pesos
Perfil Cuadrado B	69	\$20.358 pesos	\$1.404.702 pesos
Plancha de Zinc	1106	\$4.550 pesos	\$5.032.300 pesos
TOTAL			\$15.327.230 pesos

6.4.- Mano de Obra:

Para la construcción de toda la estructura metálica, se dispondrá de 10 soldadores calificados en un turno de 8 horas diarias y 48 semanales. El levantamiento de la estructura metálica se debe construir en un plazo de 6 meses, esto como meta planteada personalmente, lo que significaría 1152 horas por cada soldador calificado y un total de 11520 horas por los 10. El valor de la hora de un soldador calificado es de \$4000 pesos (valor de mercado), en consecuencia el costo total sería de **\$46.080.000** pesos por seis meses.

6.5.- Equipos e Instrumentos.

Para la generación de electricidad se utilizará una turbina eólica WindCube, ésta tiene un costo de US\$250.000 a US\$300.000 (**Ver Anexo 7**) que a un costo de \$565 pesos el dólar (4 de junio de 2009) equivale a **\$141.250.000** pesos a **\$169.500.000** pesos.

6.6.- Acceso a las Instalaciones.

Se contempla la construcción de un camino de tipo secundario de 3 km de longitud.

CUADRO N°11: Costo construcción de caminos por etapa. ([11] bibliografía)

Etapa	US\$/km		(%)	
Trazado	150		0,6	
Desmante	-	(1)		
Movimiento de tierras	6500	(2)	27,0	27,6
Cunetas	200		0,8	
Alcantarillas (30-40m/km)	2250		9,3	
Puentes (2m/km)	1100		4,5	14,6
Preparación subrasante	1200		5,4	
Producción ripio	5600		23,3	
Transporte ripio	4000		16,6	
Construcción carpeta	3000		12,5	57,8
Total	24000		100,0	100,0

Dado que este camino es de tipo secundario y será emplazado en el desierto, lugar que facilita mucho la construcción de este tipo de caminos, ya que lo más relevante es el movimiento de tierra. Por esta situación sólo se considerarán los costos de trazado y movimiento de tierras.

El costo total de estos 3 km de camino será de US\$ 19.950 a un costo del dólar de \$565 pesos (4 de Junio de 2009), el costo será de **\$11.271.750** pesos.

6.7.- Obras Civiles.

En este ítem se comprende el costo construcción de las oficinas, baños, comedores y espacio necesario para el mantenimiento de la planta. Se estima un costo de 52 millones de pesos.

Se contempla la construcción de 5 oficinas de 9 m² cada una, 2 baños de 50 m² cada uno, 1 sala de reuniones de 50 m², 1 casino de 200 m² y un taller de 150 m², lo que se traduce en un total de 545 m² construidos.

El valor del M² de construcciones tipo G2 es de **\$95.204** pesos (**Ver Anexo 8**), dando un total de **\$51.886.180** pesos.

6.8.- Costos Operacionales.

Los costos operacionales de la planta se pueden resumir en mantenciones de equipos y planilla de sueldos del personal.

Mantenimiento de Equipos: Se supondrá que el costo de mantención de los equipos corresponde a un 2% ([3] bibliografía) del costo inicial, estos gastos se estiman por año. 2% del costo inicial: **\$6.511.600** pesos.

Planilla de Sueldos Personal: Para el manejo de la planta será necesario contar con 5 ingenieros para cubrir los cargos disponibles y 6 técnicos industriales para dos turnos diurnos (6 a 14 horas y de 14 a 22 horas) con 3 técnicos cada turno, que especifican en el cuadro siguiente.

CUADRO N° 12: Planilla de sueldos personal.

	Cargo.	N°	Sueldo Bruto. \$ pesos.	Costo Año. \$pesos.
Ing. Civil Mecánico	Gerente General	1	\$1.200.000	\$14.400.000
Ing. Civil Industrial	Gerente Producción	1	\$900.000	\$10.800.000
Ing. Mecánico	Jefe Planta	1	\$800.000	\$9.600.000
Ing. Mecánico	Jefe Producción	1	\$700.000	\$8.400.000
Ing. Mecánico	Jefe Mantenimiento	1	\$700.000	\$8.400.000
Técnico Industrial	Técnico Industrial	6	\$350.000	\$25.200.000
TOTAL				\$76.800.000

Fuente: Elaboración Propia.

6.9.-Costo termoeléctrica.

Recientemente, se aprobó la construcción de una termoeléctrica en la V región del país capaz de generar 1050 Mwatt, con una inversión de 1700 millones de dólares lo que se traduce en un costo de 1,62 dólares por Kw instalado, lo que refleja desde el punto de vista económico, es una mejor opción que la energía solar, pero evidentemente un costo medioambiental mucho mayor. ([12] Bibliografía)

CONCLUSIONES.

En base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, se puede decir que es factible realizar la instalación de una chimenea solar en la segunda región de Chile (Antofagasta), a pesar de la poca información referente al tema por tratarse de tecnologías o aplicaciones nuevas de los recursos energéticos y su poca difusión en nuestro país.

Por otra parte, tomando el ejemplo y experiencia de Manzanares, se obtuvo la forma de modelar una estructura capaz de proporcionar el potencial requerido para generar los 20 Kw, planteados como base de este estudio, dando como resultado una superficie del colector de 65.536 m² y una altura de la chimenea de 90 mts, estructura que fue modelada y calculada para soportar su propio peso y las cargas externas que puede experimentar, resultando una estructura firme que cumple con las exigencias requeridas.

La construcción de una infraestructura de este tipo no es económica, resulta ser una inversión alta, tomando en cuenta que fue proyectado generar tan solo 20 Kw con una inversión inicial de **\$440.079.578** millones de pesos y posterior a esto, un gasto anual de **\$83.311.600** millones de pesos en concepto de mantenimiento y sueldos, pero es destacable el hecho de que no requiere la compra de combustibles de ningún tipo para su funcionamiento, este dato no es menor ya que los combustibles día a día aumentan su precio y son cada vez más escasos.

Las termoeléctricas aparecen como una opción mucho más económica, desde el punto de vista de la inversión inicial, pero éstas dependen de combustibles para su funcionamiento, lo que no representa problema para la alternativa solar.

Una de las razones de estos altos costos, es la complejidad de los equipos y el gran tamaño de la estructura, pero cada uno de estos elementos son de vital importancia para el buen funcionamiento de las instalaciones y poder lograr los objetivos de la chimenea, que es generar electricidad a base de la energía solar. Cada equipo seleccionado, cada material utilizado proporciona la seguridad de que cumplirá con

función a cabalidad y garantía de que así será, previo modelado en AVwin98 y cálculos realizados.

Esta alternativa, en comparación a las formas de generación existentes en la región, como lo son las termoeléctricas, es limpia y libre de contaminación, aunque quizás, no tan económica dado su alta inversión inicial y este es el principal obstáculo que ha impedido a las fuentes de energía alternativa, sean una tendencia en el país ya que en comparación con las termoeléctricas que son capaces de generar grandes cantidades de electricidad, con una inversión inicial menor por GW instalado, pero con un costo ambiental mucho mayor, sigue siendo la opción que los inversionistas prefieren.

La legislación, en lo que a energías renovables se refiere, no es suficiente y no incentiva su uso, pero existe una discusión de nuevos proyectos de ley que apuntan a cambiar esta situación, aunque como en toda discusión existen agentes que promueven la iniciativa y otros que no comparten la idea.

Con respecto a la organización, ésta apunta a un buen manejo de los recursos y el buen funcionamiento de la empresa, de esta forma se busca asegurar un suministro continuo del producto y en consecuencia, la satisfacción de los consumidores y asegurar el sustento de la inversión.

Bibliografía.

[1] Andújar Sagredo, Rodrigo; Proyecto Fin de Carrera “*Estudio Técnico Económico de una Planta Solar de Alta Temperatura en una Central de Ciclo Combinado*”, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España, septiembre 2004.

[2] Arias Quezada, Ángel; “*Mercado Eléctrico en Chile*”, Universidad Tecnológica de Chile INACAP, Chile, junio 2008.

[3] Belaúnde Zárate, César Eduardo; Trabajo de Título “*Estudio Experimental de Planta Prototipo Chimenea Solar Y Escalamiento a Planta Generadora para el Norte Grande de Chile*”, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, diciembre 2007.

[4] Enfoque Estadístico; “*Distribución y Consumo Energético en Chile*”, INE, Santiago, Chile, septiembre 2008.

[5] Leiva Illanes, Roberto; “*ERNC- Tecnologías Nuevas y Emergentes en Chile*”, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, 29 de julio 2008.

Sitios web.

[6] <http://valleperdido3.blogspot.com/2008/02/torre-solar.html> (funcionamiento)

[7] <http://www.chilerenovables.cl/2009/01/antofagasta-chile-anota-los-mayores-indices-de-radiacion-solar/> (radiación en chile)

[8] http://www.revistaei.cl/revistas/index_neo.php?id=422 (revista Electricidad Interamericana N°112, Marzo 2009)

[9] <http://www.sodimac.cl> (cotización de Materiales)

[10] <http://www.bcn.cl> (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile)

[11] <http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s07.htm>

[12] http://www.chile.com/tpl/articulo/detalle/ver.tpl?cod_articulo=108356
(termoeléctrica)

Anexos.

Anexo 1

Tabla C-1. Valores de la Densidad del Aire Ambiente para Alturas Varias

Altitud (metros)	Valores de la densidad del aire ambiente		
	Mínimo (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)	Máximo (kg/m ³)
0	1,1405	1,2254	1,3167
305	1,1101	1,1886	1,2735
610	1,0812	1,1533	1,2302
914	1,0524	1,1197	1,2222
1000	1,0444	1,1101	1,1902
1219	1,0252	1,0861	1,1501
1524	0,9996	1,0556	1,1133
1829	0,9739	1,0236	1,0764
2000	0,9595	1,0076	1,0572
2134	0,9483	0,9931	1,0412
2438	0,9243	0,9643	1,0060
2743	0,8986	0,9355	0,9723
3000	0,8794	0,9115	0,9467
3048	0,8762	0,9082	0,9419

Anexo 2

Hora	V_{CHM}	Q	η_{CM}	I	\dot{m}	ΔT	$\Delta \rho$	ΔP	Pot	P_{SAL}
	[m/s]	[m ³ /s]	[%]	[W/m ²]	[Kg/s]	[°C]	[Kg/m ³]	[Pa]	[KW]	[KW]
0	3,30	259,18		0	303,2	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
1	3,20	251,33		0	294,1	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
2	3,00	235,62		0	275,7	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
3	2,54	199,49		0	233,4	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
4	2,10	164,93		0	193,0	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
5	2,32	182,21		0	213,2	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
6	3,10	243,47		0	284,9	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
7	4,64	364,42	19,7	0	426,4	0,00	1,000	0,01	0,00	0,00
8	6,37	500,30	19,6	29	585,3	0,43	0,999	2,84	1,42	0,56
9	7,73	607,11	24	180	710,3	2,72	0,991	17,94	10,89	4,29
10	8,80	691,15	28,3	420	808,6	6,56	0,978	42,81	29,59	11,79
11	10,21	801,89	32,9	608	938,2	9,52	0,969	61,50	49,32	19,85
12	11,01	864,72	36,8	765	1.011,7	12,42	0,960	79,44	68,69	27,93
13	11,41	896,14	41,2	876	1.048,5	15,37	0,951	97,40	87,28	35,82
14	11,35	891,43	43,2	931	1.043,0	17,21	0,945	108,45	96,67	39,90
15	10,82	849,80	44	934	994,3	18,45	0,942	115,77	98,38	40,78
16	10,36	813,67	43,5	875	952,0	17,84	0,943	112,18	91,27	37,75
17	8,78	689,58	41,9	758	806,8	17,56	0,944	110,54	76,22	31,49
18	7,00	549,78	41,5	607	643,2	17,47	0,944	109,96	60,46	24,98
19	5,60	439,82	45,3	414	514,6	16,27	0,948	102,83	45,23	18,61
20	4,89	384,06		206	449,3	20,47	0,936	127,62	49,01	20,45
21	4,18	328,30		15	384,1	1,76	0,994	11,67	3,83	1,50
22	3,65	286,67		0	335,4	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
23	3,25	255,25		0	298,6	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00
24	2,80	219,91		0	257,3	0,00	1,000	0,00	0,00	0,00

Anexo 3

(Extracto tesis [3] bibliografía)

Aproximación Cálculo

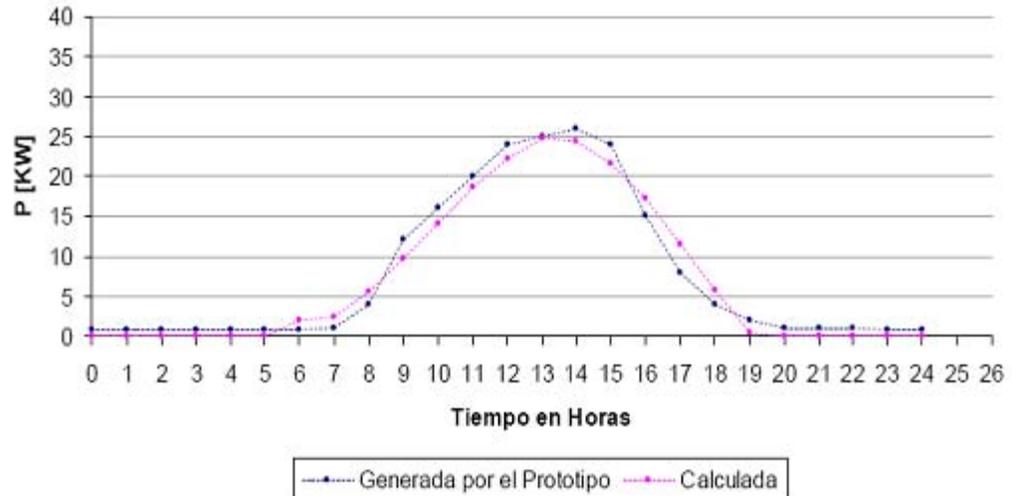


Fig.48: Comparación de la potencia generada y calculada

Se puede apreciar que el valor calculado y el medido son bastante aproximados. Se puede apreciar que el valor de la potencia medida, a diferencia de la calculada, no se anula para las horas sin sol. Esto es debido a la acumulación de calor del colector solar, la que aporta potencia durante la noche. El valor promedio, durante 24 hrs, de la eficiencia del colector de manzanas, fue de 47% (mayor al 35,5% de promedio de los datos expuestos en la Tabla 4). Considerando este valor, la expresión completa de la potencia de salida de una chimenea Solar, quedaría de la siguiente forma:

$$P_{SAL} = \eta_T \cdot \eta_{Coll} \cdot (1 - f_R) \frac{H \cdot g}{C_p \cdot T_a} A_{coll} \cdot I$$

Anexo 4

Las tensiones de trabajo admisibles que se utilizan normalmente en el dimensionado de los vidrios son:

	Posición vertical	Posición inclinada	Posición horizontal	Posición horizontal
	Vidrio no sometido a tensiones permanentes	Vidrio sometido parcialmente a tensiones permanentes	Vidrio sometido a tensiones permanentes Ambiente no húmedo	Vidrio sometido a tensiones permanentes Ambiente húmedo - Piscinas
Recocido	200 daN / cm ²	150 daN / cm ²	100 daN / cm ²	60 daN / cm ²
Templado	500 daN / cm ²	375 daN / cm ²	250 daN / cm ²	250 daN / cm ²
Semi-templado	350 daN / cm ²	260 daN / cm ²	175 daN / cm ²	175 daN / cm ²
Templado serigrafiado	350 daN / cm ²	260 daN / cm ²	175 daN / cm ²	- daN / cm ²
Laminado	200 daN / cm ²	150 daN / cm ²	100 daN / cm ²	100 daN / cm ²
Colado recocido	180 daN / cm ²	135 daN / cm ²	90 daN / cm ²	90 daN / cm ²
Colado templado	400 daN / cm ²	300 daN / cm ²	200 daN / cm ²	200 daN / cm ²
Armado	160 daN / cm ²	120 daN / cm ²	80 daN / cm ²	- daN / cm ²

1 daN / cm² = 10⁵ Pascales = 14,5 PSI

Otras propiedades mecánicas que caracterizan a los vidrios son:

Densidad.

La densidad del vidrio es de 2,5 g / cm³, lo que supone para un vidrio plano, una masa de 2,5 kg / m² y mm de espesor.

Dureza.

La dureza del vidrio (su resistencia al rayado) es de 6,5 en la escala de MOHS, lo que representa una dureza ligeramente inferior a la del cuarzo.

Elasticidad.

Módulo de Young "E"

Es el coeficiente que relaciona el alargamiento ΔL que experimenta una barra de vidrio de longitud L y sección S sometida a una fuerza de tracción F.

$$F / S = E \cdot (\Delta L / L)$$

Para el vidrio común: E = 7 · 10¹⁰ . Pa

Anexo 5**Características Proyecto**

- **Ubicación: 20 km Sureste de Calama, II Región (220 km de Puerto de Antofagasta)**
- **Elevación: 2.400 m.s.n.m**
- **Temp: máx (20 a 24°C), Mín (-1° a 5°C)**
- **Velocidad media: 7.5 metros / seg**
 - (tercer lugar más ventoso luego de Balmaceda y Chile Chico en XI región; fuente Dir. Metereológica)

Anexo 6

Usos

Demarcación, muelles, acuicultura, líneas de dragado, escolleras plataformas flotantes, boyas de investigación, luces costeras de seguridad, etc.

Características

Color: Verde, azul, rojo, blanco y ámbar

Alcance: 1 a 3 kms.

Intensidad efectiva: 0.2 a 3.1 candelas

Salida en plano horizontal: 360° Iluminación

Divergencia vertical: 7° al 50% de intensidad

Operación

Autonomía mínima: 300 horas

Rango de latitud: 55° S a 55° N

Conexión/Desconexión: 350/250 lux

Operación

Autonomía mínima: 300 horas

Rango de latitud: 55° S a 55° N

Conexión/Desconexión: 350/250 lux

Tecnología de Iluminación: 4 LEDs

Vida útil de los LEDs: Mayor a 100.000 horas

Estándares de intermitencia: 7 incluyendo encendido continuo

Paneles Solares

Tipo: Equipado con cúpula de protección UV de poliuretano

Máxima potencia: 0.3 Watts

Eficiencia: 14%

Construcción

Material de la Lente: Policarbonato

Venteo de la Batería: Venteo en la base de la linterna

Sellado: Funcionamiento autónomo cubierto en poliuretano

Peso: 1,1 kg (2,45 lbs.)

Parámetros de Operación

Rango de Temperatura: -40 a 80° C (-40 a 176° F)



Anexo 7



FOR MORE INFORMATION

Kathy Obert cell 330.730.5500
Wendy Schweiger cell 330.472.3799
Melissa Koski cell 216.570.2026
 all of Edward Howard at 216.781.2400

Q & A

What is the cost of the WindCube®?

The cost of the WindCube is \$250,000-\$300,000 plus the cost of installation. With the many rebates and tax incentives available, businesses can experience a payback in as little as three years. Federal and state incentives can reduce the cost by as much as 70% - 80%.

What types of rebates and incentives are available for the WindCube®?

Rebates and incentives vary state by state. Refer to the Database of State Incentives for Renewables and Efficiency (www.dsireusa.org) for the most up-to-date specifics.

- Through 2016, the American Recovery and Reinvestment Act of 2009 allows owners of small wind systems with 100 kilowatts (kW) of capacity and less to receive an uncapped investment tax credit for 30% of the total installed cost of the system. Previously, this incentive was capped at \$4,000.
- Fifty percent bonus depreciation is extended to most types of turbines placed in service during 2009. Bonus depreciation is also available for certain turbines placed in service during 2010.

How do I know if the WindCube® would benefit my business?

The WindCube is an attractive renewable energy option for:

- Commercial Office Buildings
- Industrial Buildings
- Big Box Retailers
- Government Buildings
- Educational Institutions
- Condominiums
- Ports and Airports
- Island Locations

- more -

846 North Cleveland-Massillon Road
 Akron, Ohio 44333
 tel 888.666.8577
 fax 866.586.6824
info@getsmartenergy.com
www.getsmartenergy.com



Anexo 8

DIVISIÓN TÉCNICA DE ESTUDIO

Y FOMENTO HABITACIONAL

MJM/HLA/GDF/VBD

FIJA VALORES UNITARIOS DE CONSTRUCCIÓN PARA APLICAR EN CÁLCULO DE DERECHOS DE PERMISOS MUNICIPALES.

SANTIAGO, 27,DIC.1999

RESOLUCIÓN

EXENTA N° 3506 /

VISTO:

Lo dispuesto en los artículos 126° y 127° del D.F.L. N° 458 (V. y U.), de 1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones, dicto la siguiente:

RESOLUCIÓN:

1°.- A contar del 1° de Enero del año 2000, los costos unitarios por metro cuadrado de construcción que se consultarán para confeccionar los presupuestos de obras sobre los cuales corresponde aplicar los derechos municipales por concepto de Permisos de Construcción, serán los que resulten de aplicar las tablas que a continuación se indican:

I.- OBRAS DE EDIFICACIÓN**1.- TABLAS DE CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES****1.1.- CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL**

A.- Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.

B.- Construcciones de estructura resistente de hormigón armado, incluidas aquellas en que la armadura es de hierro en perfiles. Entrepisos de losas de hormigón armado.

C.- Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo entre cadenas y pilares de hormigón armado. Construcciones de hasta cuatro pisos. Entrepisos de losas de hormigón armado. En los edificios de 2 y 3 pisos podrán ser de madera los suelos del piso elevado.

Los cielos de los pisos más elevados podrán ser losas de hormigón armado o entramados de madera.

D.- Construcciones con muros soportantes de albañilería de piedra y de bloques entre cadenas y pilares de hormigón armado. Construcciones de hasta dos pisos.

E.- Edificios con estructura de madera. Se incluye en esta clasificación las construcciones de tabiquería de adobe (estructura soportante de madera y relleno de adobe).

F.- Edificios de adobe, tierra cemento o materiales livianos aglomerados con cemento (escoria, piedra pómez, etc.). La fachada puede ser de albañilería.

1.2.- CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA.

<u>Estructura</u>	<u>Tipo de Panel</u>
G.- Metálica	Panel exterior: madera corriente. Panel interior: madera corriente o aglomerada, Volcanita o similares.
H.- Madera	Panel exterior: madera corriente. Panel interior: madera corriente o aglomerada, Volcanita o similares.
K.-	Placas o paneles monolíticos de hormigón liviano, fibrocemento u otro.

Se incorporan a esta clasificación los sistemas constructivos con estructura de malla metálica, alma de poliestireno o equivalente y recubrimiento de mortero proyectado.

3.- TABLA DE COSTOS UNITARIOS

La siguiente tabla de valores de Edificación por m2.

(En pesos, moneda nacional, base enero 2000).

I.- OBRAS DE EDIFICACIÓN:

TABLA DE COSTOS UNITARIOS POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCIÓN.

1er TRIMESTRE 2000

(En pesos moneda nacional, base Enero 2000)

CATEGORIAS	TIPO DE EDIFICACION								
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
1	179.234	204.443	179.234	179.234	127.412	.-	.-	.-	.-
2	133.038	151.226	133.038	133.038	95.204	67.220	95.204	86.819	105.028
3	98.022	112.020	98.022	98.022	70.005	49.008	70.005	63.002	77.046
4	70.005	79.795	70.005	70.005	50.367	34.983	50.367	44.822	54.591
5	.-	.-	37.805	37.805	37.805	26.585	40.594	36.402	43.383

Anexo 9

Extracto proyecto de Ley. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile)

PROYECTO DE LEY

CREA EL FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE ENERGÍAS RENOVABLES LIMPIAS Y NO CONVENCIONALES.

Artículo 1°. Créase un Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales destinado a financiar proyectos y programas de investigación y desarrollo de energías renovables limpias y no convencionales.

Artículo 2°. Para efectos de la presente ley se entenderán como energías renovables limpias y no convencionales aquellas cuya fuente sea geotérmica, eólica, solar, biomasa, mareomotriz, hidroeléctricas de pasada y pequeñas centrales hidroeléctricas y todas las demás que determine la autoridad competente, y que cumplan con los siguientes requisitos:

- a) Ser renovable, esto es, obtenidas de fuentes naturales capaces de regenerarse;
- b) Ser Limpia, esto es, que en su obtención no se emiten subproductos que incidan de manera negativa y sustantiva en el medio ambiente;
- c) No ser convencional, esto es, corresponder a una fuente de generación de energía eléctrica que represente al momento de su definición por la autoridad competente a una potencia de generación inferior al 5% del total generado a nivel nacional.

Artículo 3°. El Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales estará formado por los aportes que decida asignarle las autoridades competentes, por las herencias, legados y donaciones con que resulte favorecido, y por los recursos que reciba por concepto de asistencia internacional en materia de investigación y desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales.

Artículo 4°. Créase un Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales integrado por:

- a) Tres representantes de Universidades acreditadas en Chile;
- b) Dos representantes de Organizaciones No Gubernamentales especializadas en materia Ambiental domiciliadas en Chile;
- c) Dos representantes de Organizaciones No Gubernamentales especializadas en materia de Energía domiciliadas en Chile;
- d) Una autoridad con competencia en materia ambiental;
- e) Una autoridad con competencia en materia de energía;
- f) Un Senador y un Diputado de la Comisión de Energía o Medio Ambiente.

Artículo 5°. Los miembros del Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales durarán en sus cargos cuatro años, reelegibles y serán nominados por sus respectivas organizaciones.

Artículo 6°. La función principal del Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales será la de asignar los recursos que existan en el Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales. Para cumplir con tal propósito el Consejo deberá llamar periódicamente a un concurso nacional de proyectos, al cual podrán postular las Universidades, Institutos Profesionales, Instituciones Públicas y Privadas del país y cualquiera persona natural o jurídica con domicilio en Chile. Los postulantes deberán cumplir con los demás requisitos que establezca el reglamento.

Para asignar los recursos el Consejo deberá utilizar como principales criterios de selección, la contribución del proyecto a la diversificación de la matriz energética del país, y su aporte al abastecimiento energético, en particular, de aquellas zonas más aisladas del país.

Para cumplir con su función, el podrá solicitar de científicos calificados en las disciplinas que corresponda, chilenos o extranjeros, que analicen los proyectos presentados, para su ilustración y mejor decisión.

Artículo 7°. Serán deberes del Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales, los siguientes:

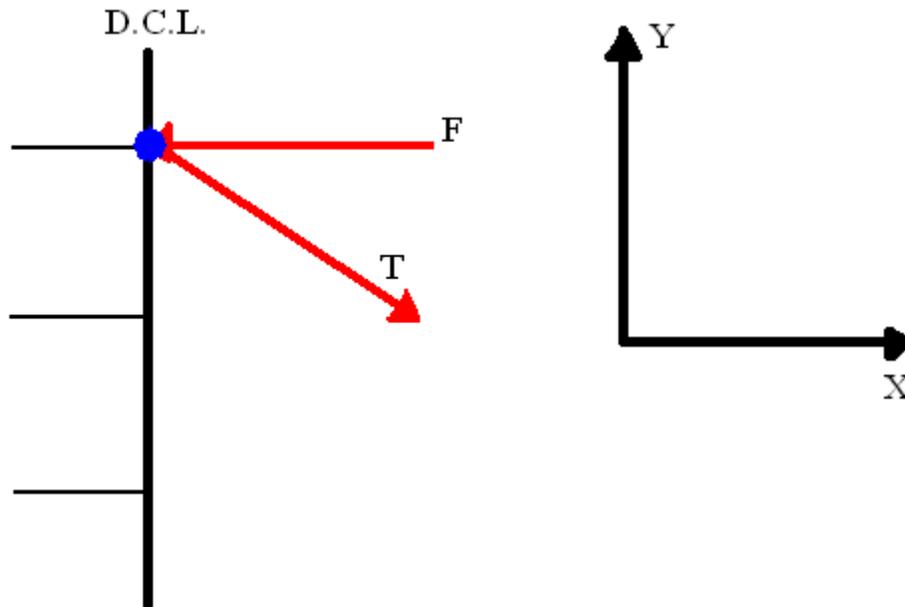
- a) Supervisar en forma periódica el desarrollo que tengan en su realización los proyectos aprobados, pudiendo para tal efecto requerir los antecedentes e informaciones que estime necesarios;
- b) Supervisar que los recursos que asigne, sean utilizados para los fines que fueron solicitados;
- c) Publicar cada año un resumen de los proyectos seleccionados, con indicación del monto asignado a cada proyecto en ese año, la descripción y objeto del mismo, el estado de avance cuando se trate de un proyecto en ejecución desde años anteriores.

Artículo 8°. Un reglamento dictado por la Comisión señalada en el artículo 4° regulará las normas de la presente Ley, particularmente en lo relativo a la forma de postulación y asignación de proyectos, designación de sus miembros, y funcionamiento del Consejo.

ANTONIO HORVATH KISS

Senador

Anexo 10



La figura representa una sección de la torre, donde se ve la acción del viento, el que ejerce una presión de 10 Kg/m, la torre tiene una altura de 90 mts, por esto la acción del viento se transforma en una carga puntual de 900 kg, representada por F , la fuerza T representa la acción del cable tensor que soporta la acción del viento, son 4 cables por cada lado de la torre en un ángulo de 45° cada uno y deben ser capaces de soportar la acción del viento en forma individual, como medida ante la falla del resto.

Sumatoria de momento.

$$M_x = 0$$

$$-900 \times Y_0 + T \cos 45 \times Y_0 = 0$$

$$T = 1273 \text{ Kg.}$$

$T_t =$ Tensión de trabajo

$n =$ Factor de seguridad = 3

$$T_t = T \times n = 3818 \text{ Kg.}$$

TECHNO

CABLES DE ACERO			6 x 37 + 1 (FC)	DIN: 3066	
Diámetro cable (mm.)	Diámetro alambre (mm.)	Sección cable (mm ²)	Peso (Kg./m.)	CRM/MBL 1770 N/mm ² Kn.	CRM/MBL 1770 N/mm ² Kg.
8	0,35	30	0,22	33,40	3.400
10	0,45	38	0,35	52,20	5.310
12	0,54	54	0,50	75,10	7.640
14	0,63	71	0,68	102,00	10.400
16	0,73	95	0,89	134,00	13.600

