



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Concentrador solar con seguimiento solar

Author: Pino Durán-Medina

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 35

Mail: pinoduran@hotmail.com
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Contenido.

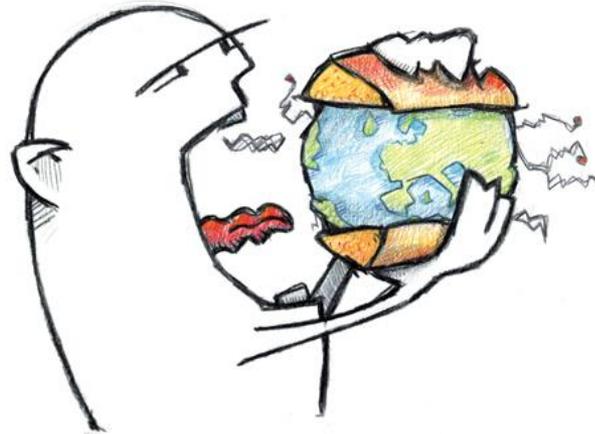
1. PROBLEMÁTICA.
2. OBJETIVO.
3. ANTECEDENTES.
4. RADIACIÓN SOLAR.
5. ÁNGULOS DE POSICIONAMIENTO.
6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
7. FUNCIONAMIENTO TOTAL DEL SISTEMA.
8. INSTRUMENTACIÓN.
9. RESULTADOS.
10. CONCLUSIONES.



1. Problemática

En México las emisiones anuales de CO₂ por la energía utilizada en los hogares son de aproximadamente:

¡ 1000 kg per cápita !



Fuente: Agencia Internacional de la Energía.



2. Objetivo

Diseñar y construir un prototipo de concentrador solar parabólico de disco reflector de dimensiones pequeñas que proporcione energía térmica de alta calidad (elevada temperatura) para su posterior aplicación.

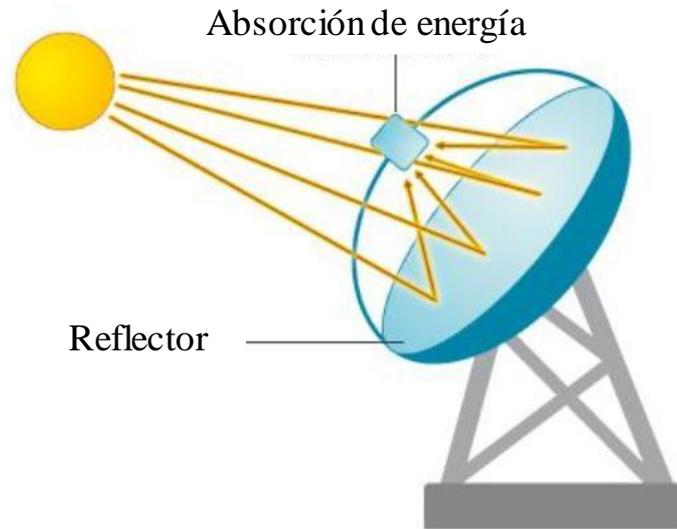


Figura 1. Idea del colector solar.



3. Antecedentes

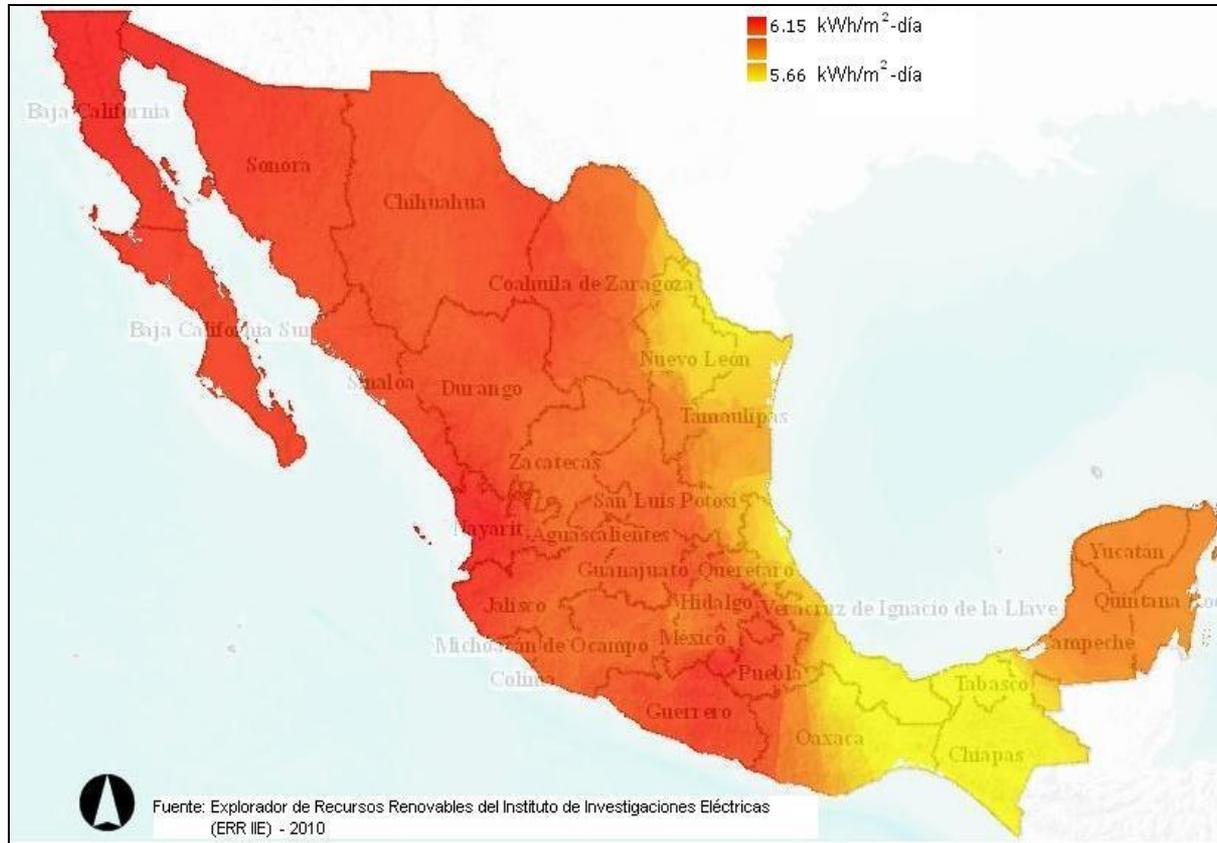


Figura 2. Insolación global anual en la República Mexicana.

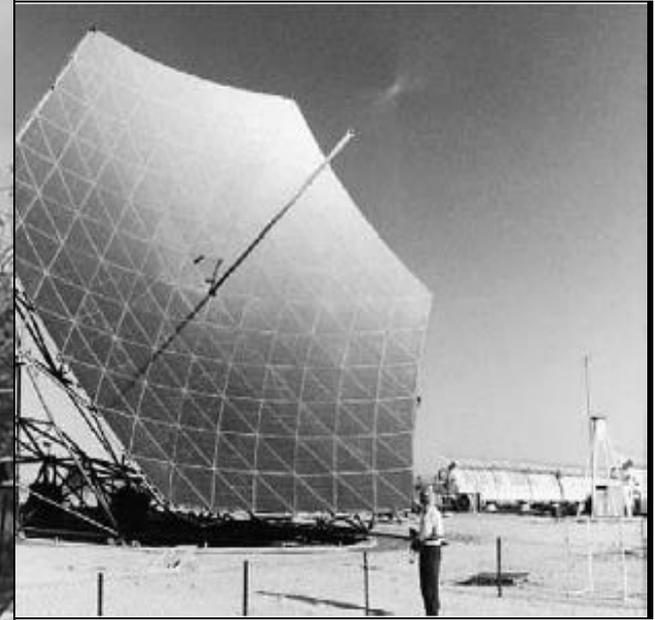
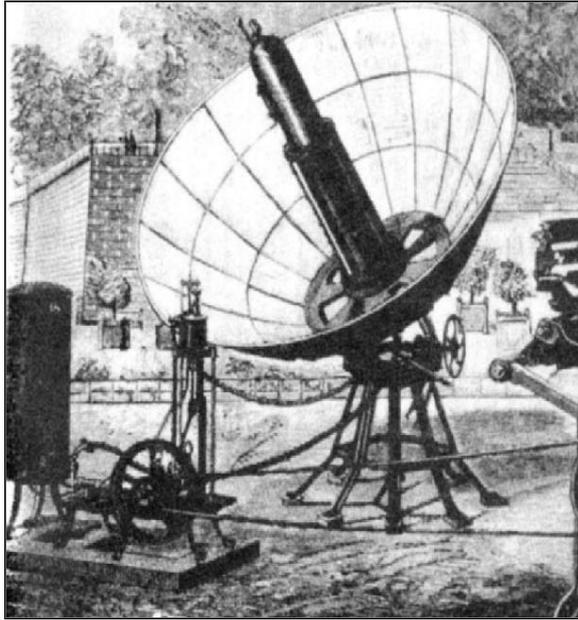


Figura 3. Concentrador Monchot (izquierda), concentrador COSPA-90 (centro), concentrador PETAL (derecha).



4. Radiación solar.

$$G_{sc} = 1366.1 \text{ W/m}^2$$

Diámetro = $1.39 \times 10^9 \text{ m}$

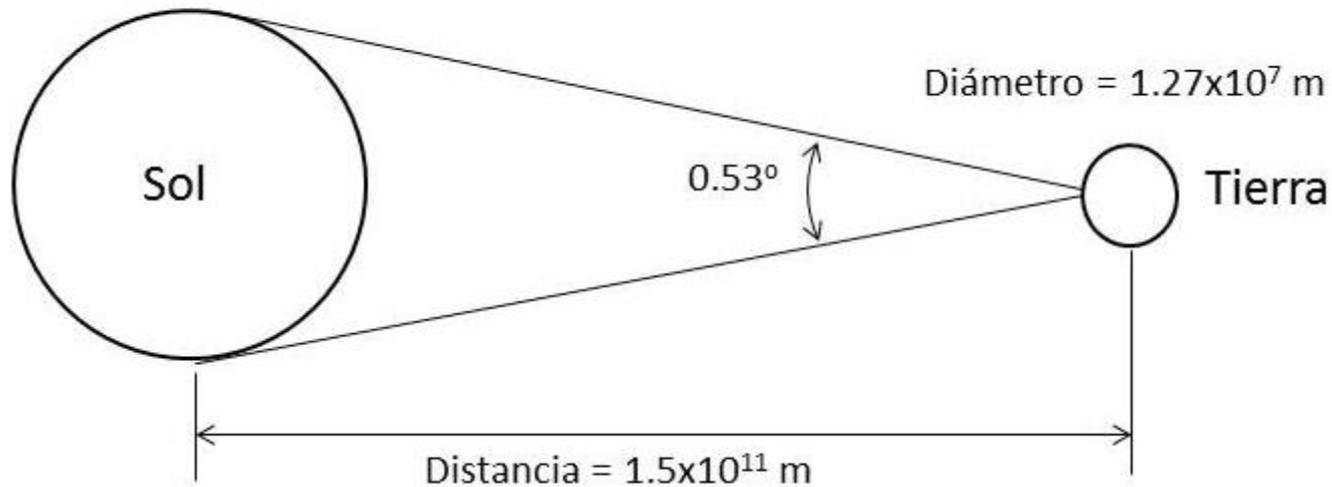


Figura 4. Relación geométrica entre el Sol y la Tierra.

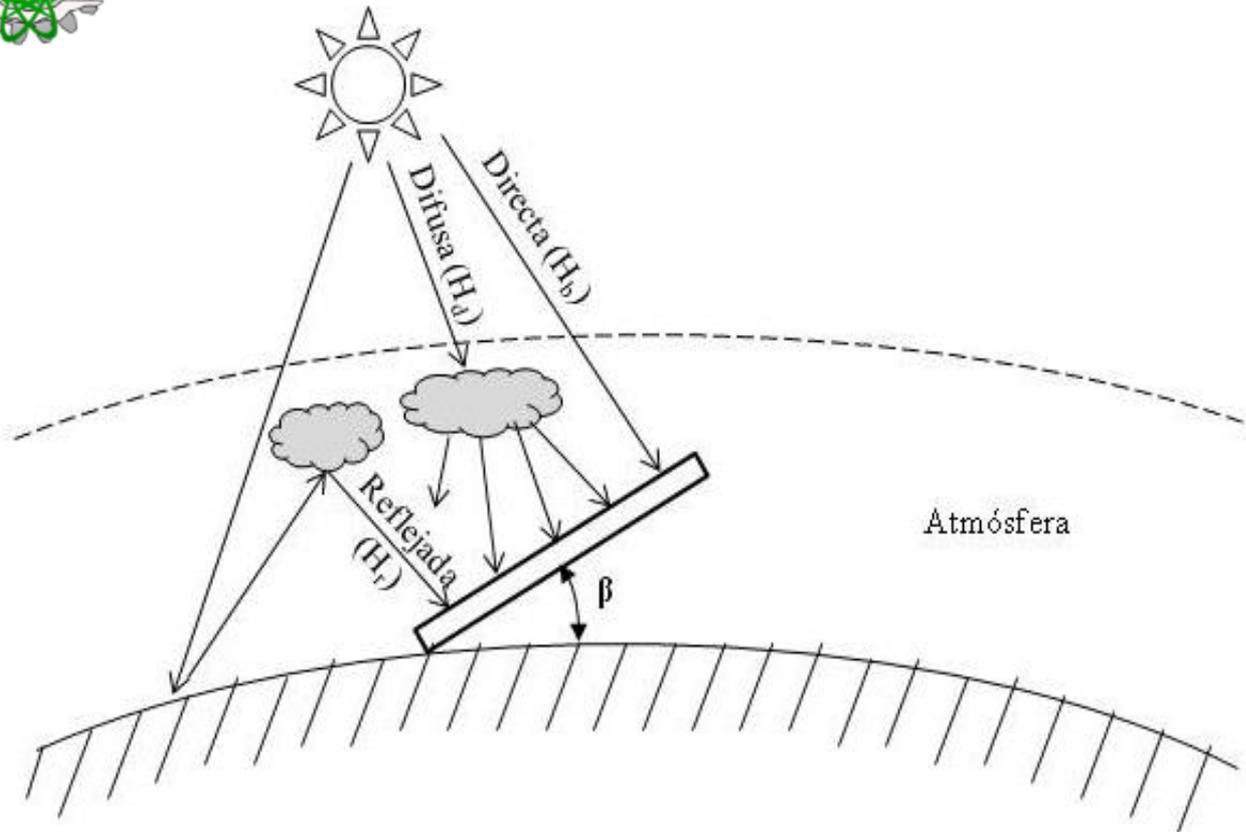


Figura 5. Componentes de la radiación solar.

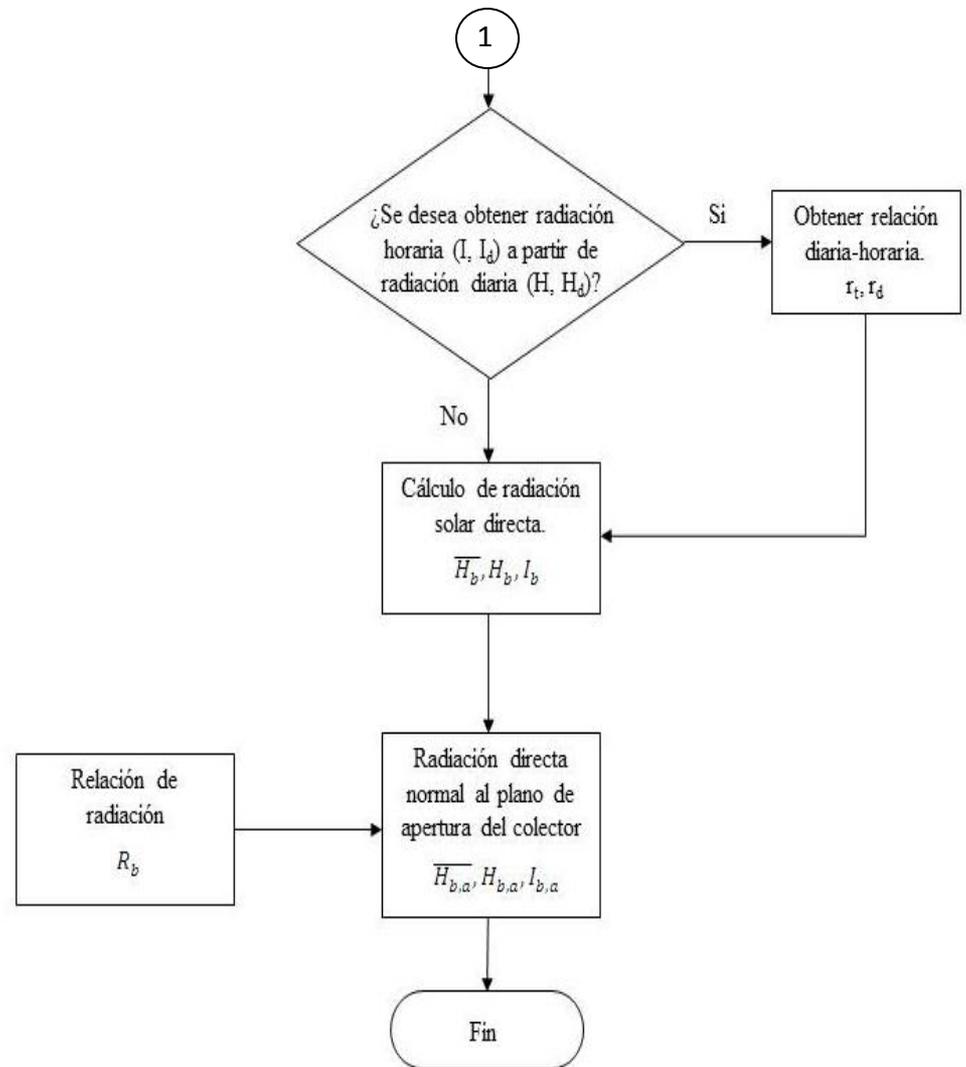
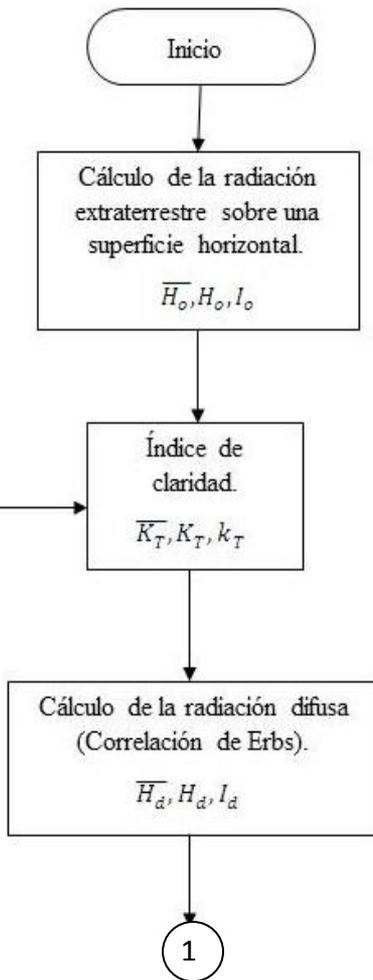


Figura 6. Diagrama de flujo para obtención de radiación directa normal al plano de apertura del colector.



RADIACIÓN SOLAR ABSORBIDA

$$Q_{abs} = A_a f_t I_{b,a} \rho(\lambda \alpha)_n K_{\gamma \alpha}$$

Donde:

$I_{b,a}$ = Radiación incidente efectiva medida normal al plano de la apertura (W/m² o J/m²)

ρ = Reflectancia especular del material reflector.

γ = Factor de intercepción. Es la fracción de la radiación reflejada que es incidente sobre la superficie absorbadora del receptor.

α = Absortividad del material absorbedor.

$K_{\gamma \alpha}$ = Modificador de ángulo de incidencia. Se usa para desviaciones del ángulo de incidencia a partir de la normal del colector.

f_t = Fracción del concentrador no sombreada por soportes y absorbedor

A_a = Área de apertura del concentrador (m²)



5. Ángulos de posicionamiento.

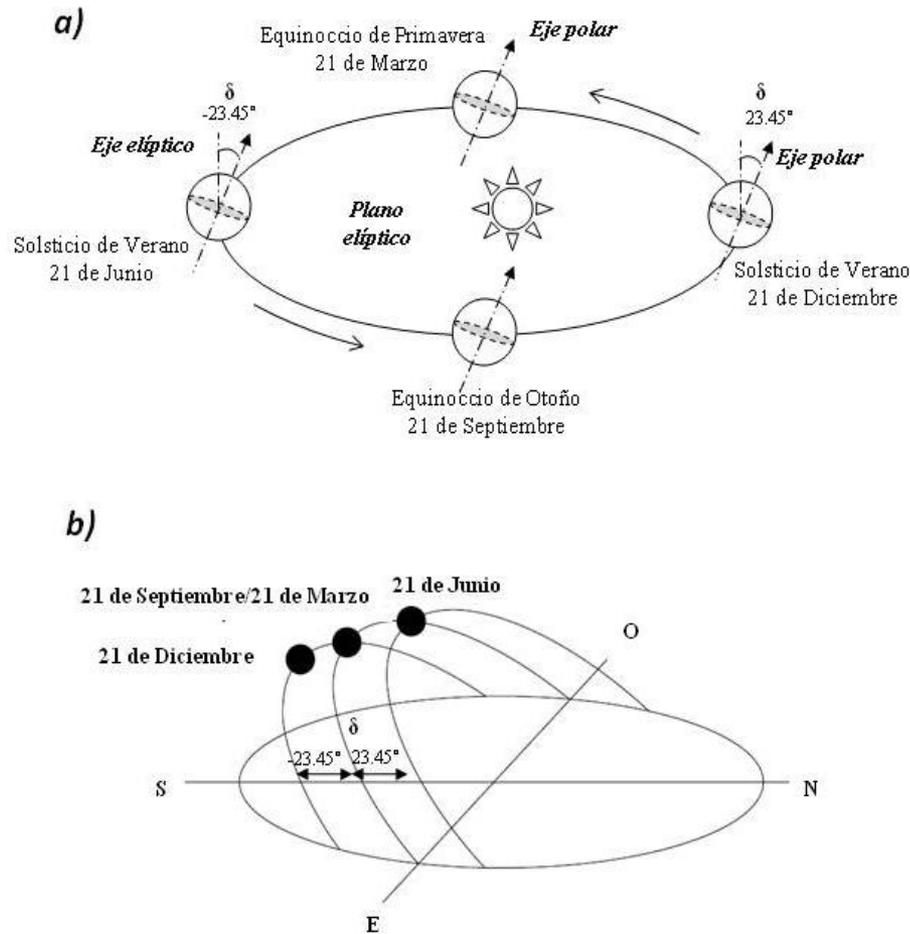
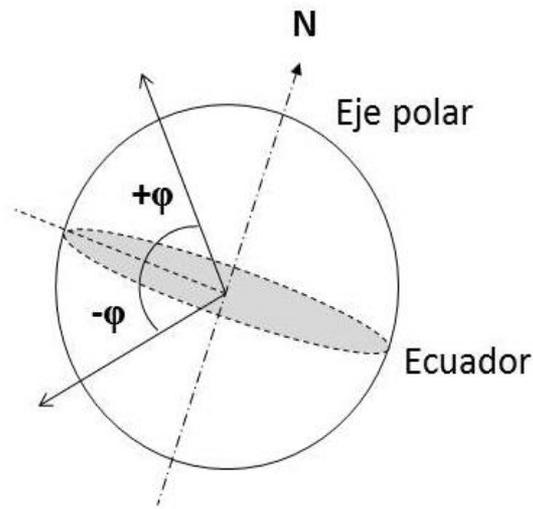
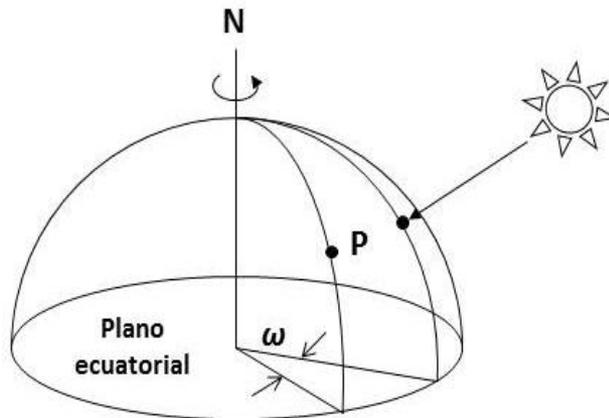


Figura 7. Variación de la declinación de acuerdo al **a)** movimiento de traslación de la Tierra y **b)** su efecto en el movimiento aparente del Sol.



a)



b)

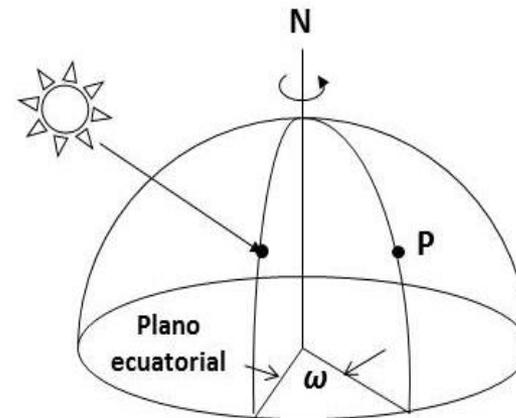


Figura 8. Latitud, longitud y ángulo horario.

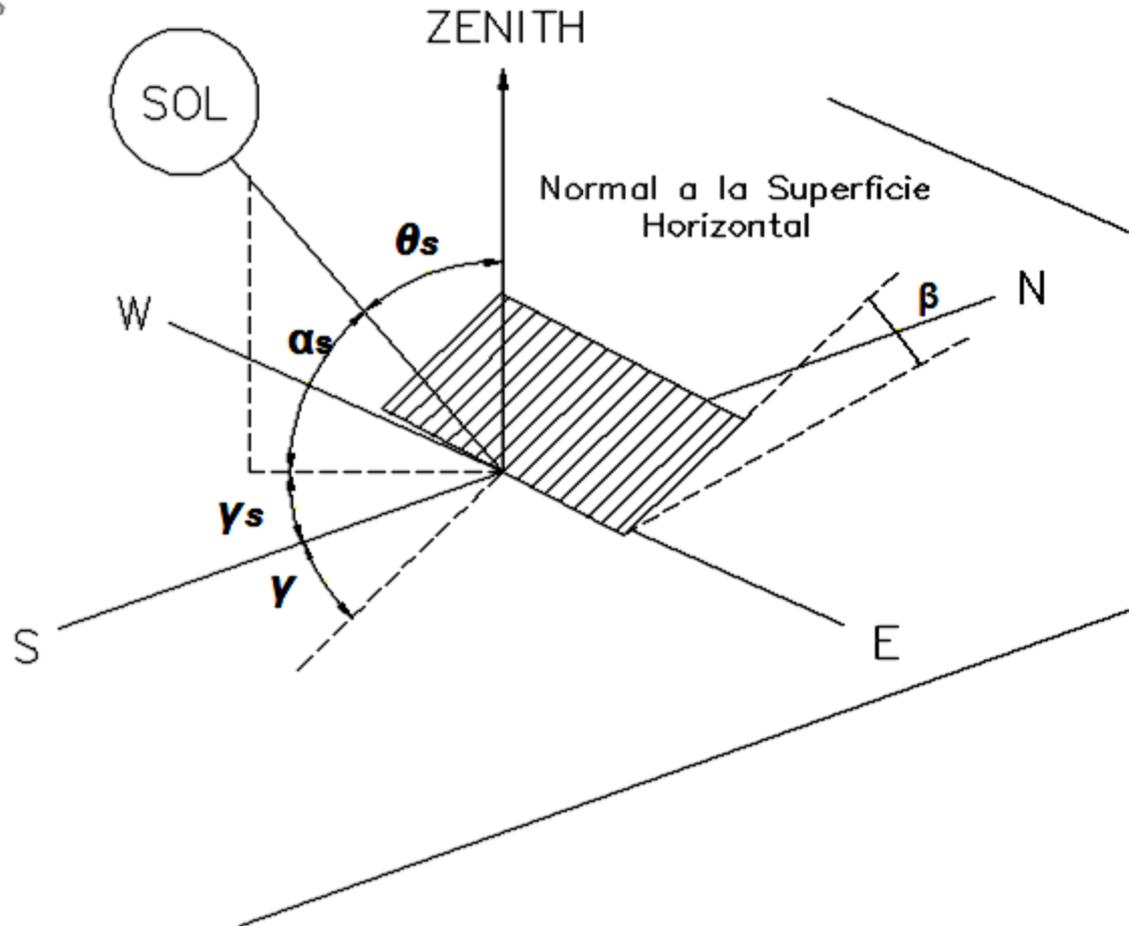
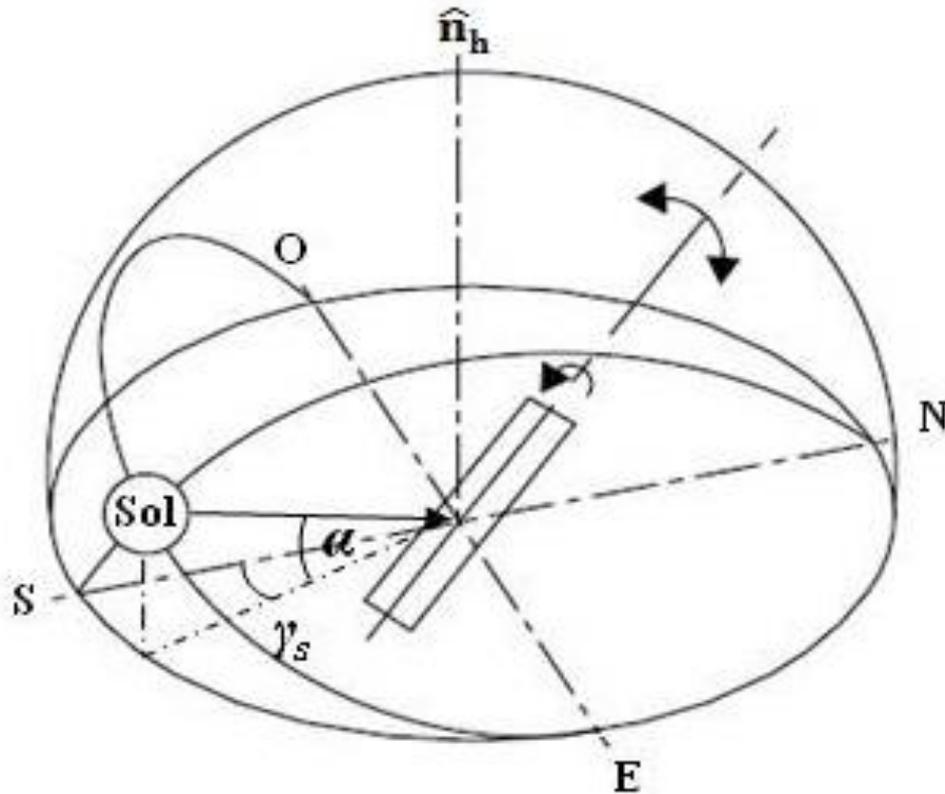


Figura 9. Ángulos para colectores solares respecto al Sol y respecto a la horizontal.



$$\cos \theta = 1$$

Ángulo de incidencia $\theta = 0$

$$\beta = \theta_z$$

$$\gamma = \gamma_s$$

Figura 10. Seguimiento solar en dos ejes.



6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

DEL PROTOTIPO.

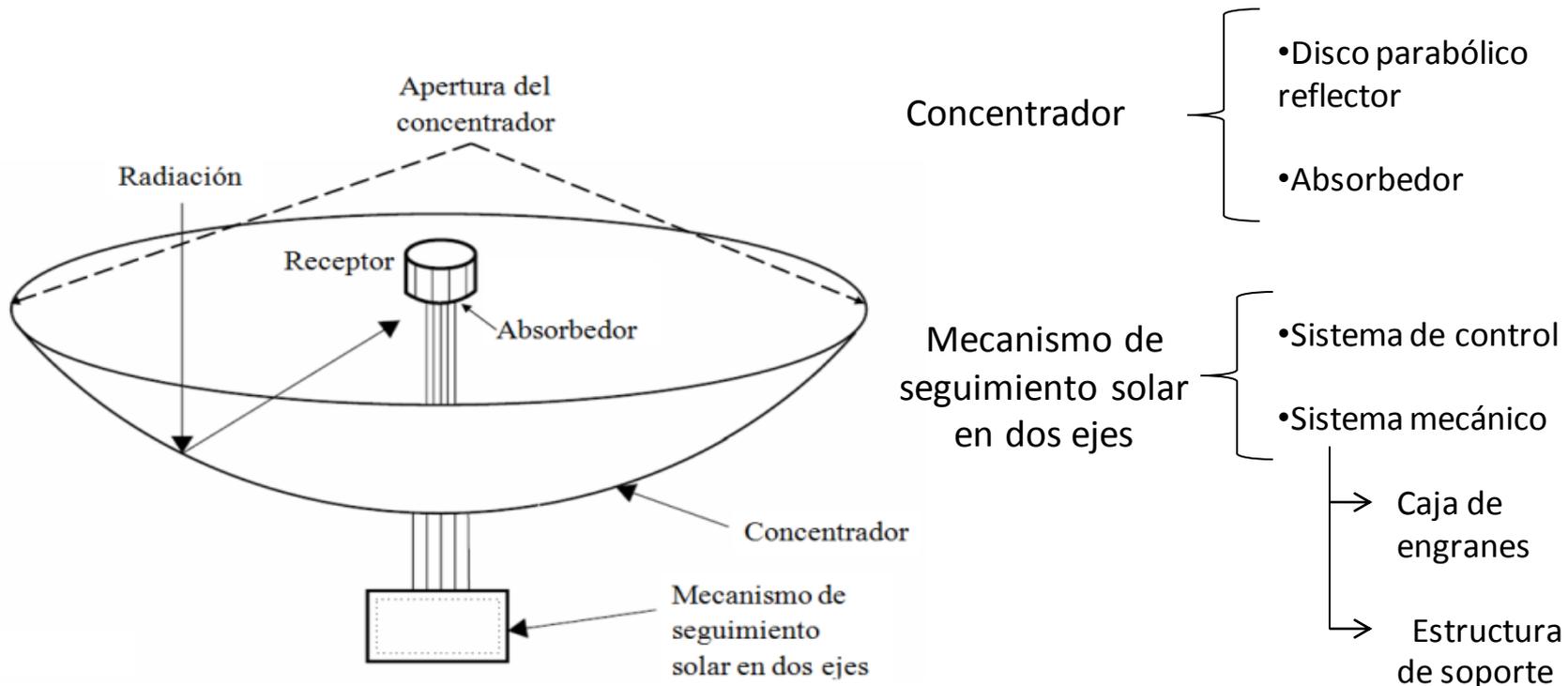
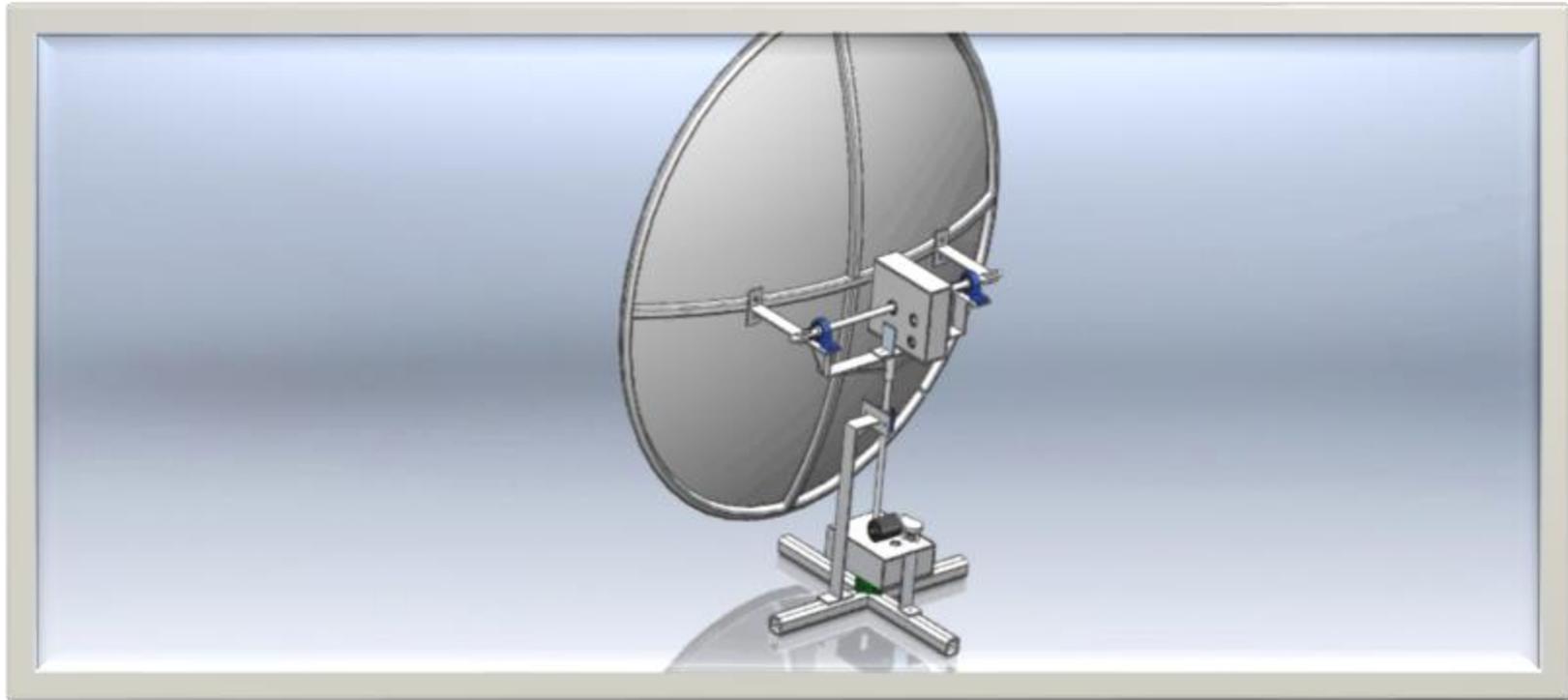


Figura 11. Componentes del concentrador solar tipo PDR.



Concepto del colector solar.



Video 1. Simulación de funcionamiento.



DISCO PARABÓLICO REFLECTOR

Y ABSORBEDOR.

$$x^2 = 4fy$$

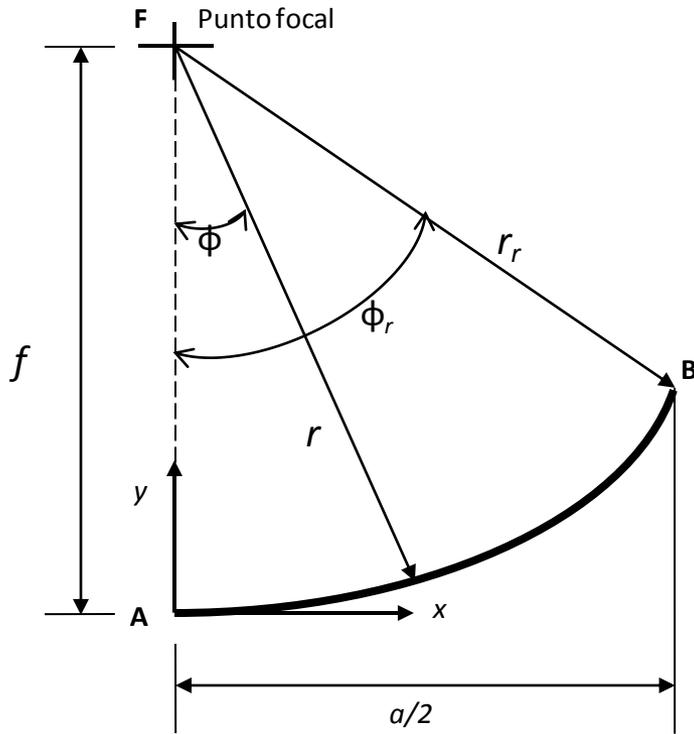


Figura 12. Parábola de la sección transversal del disco.

D_r = El ancho de la imagen focal

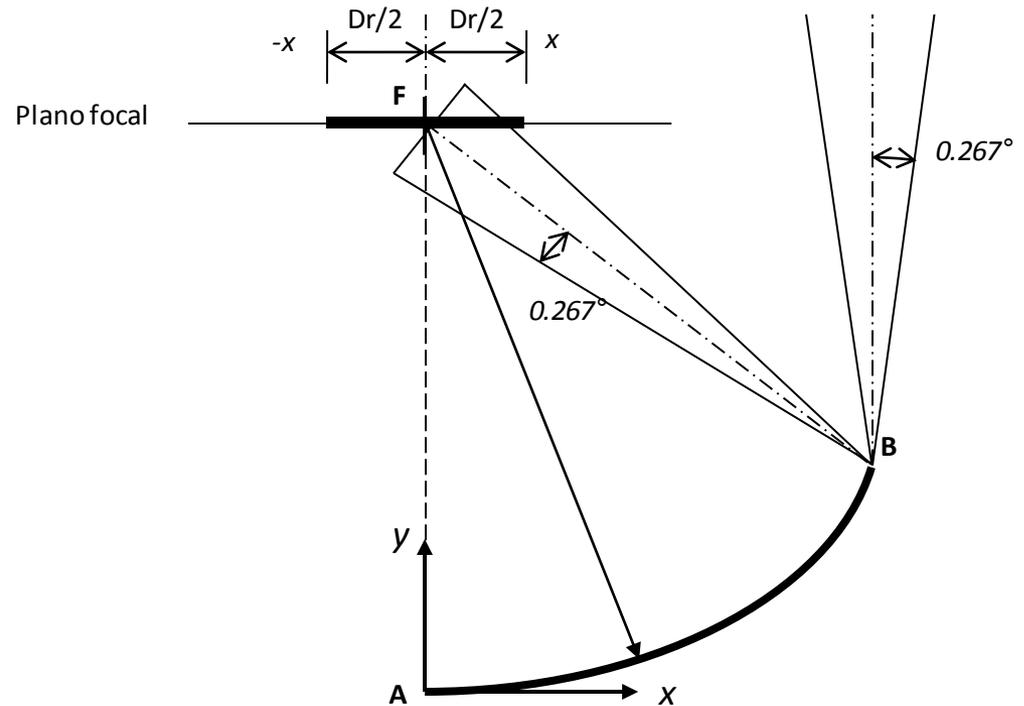


Figura 13. Imagen en el plano focal.

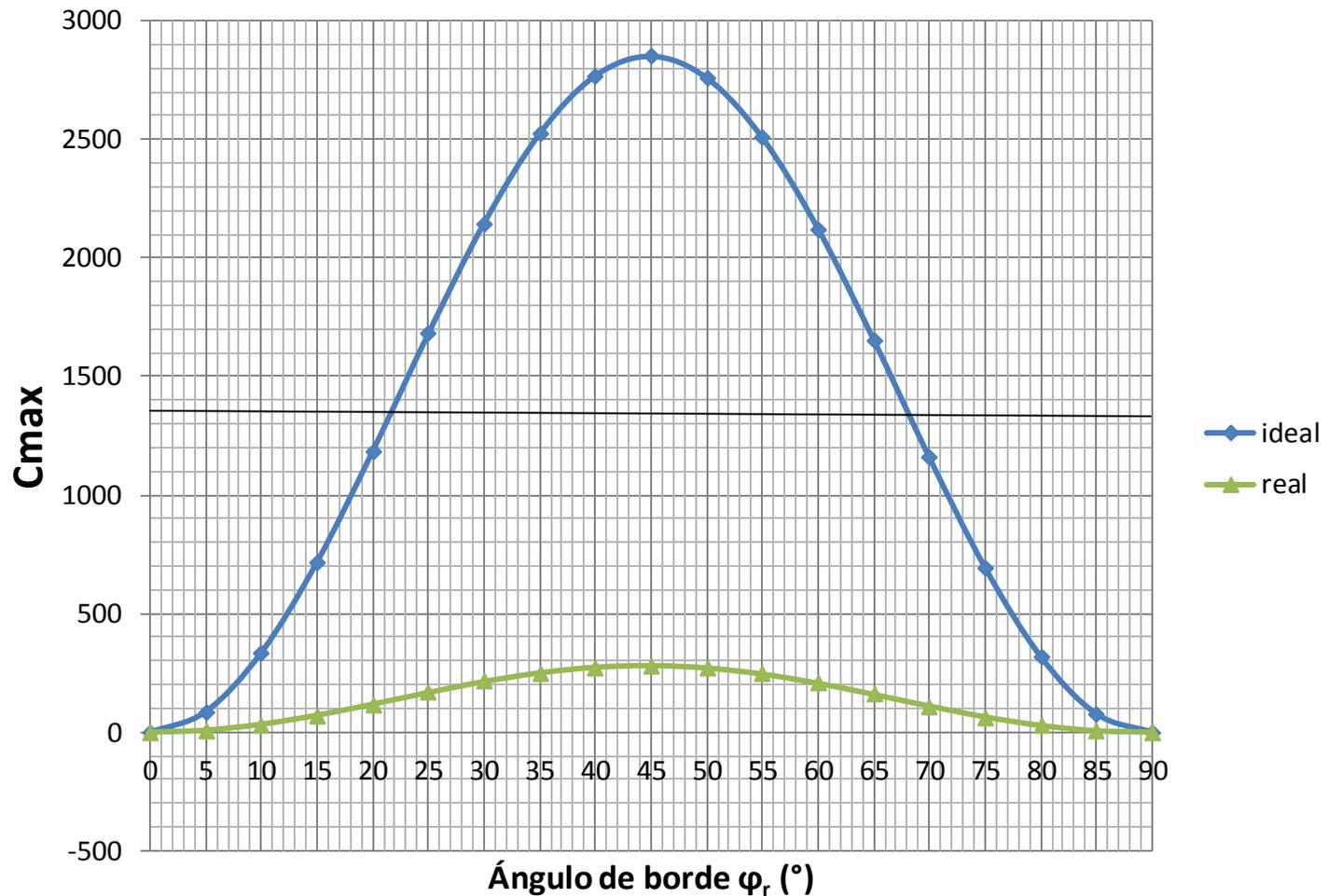
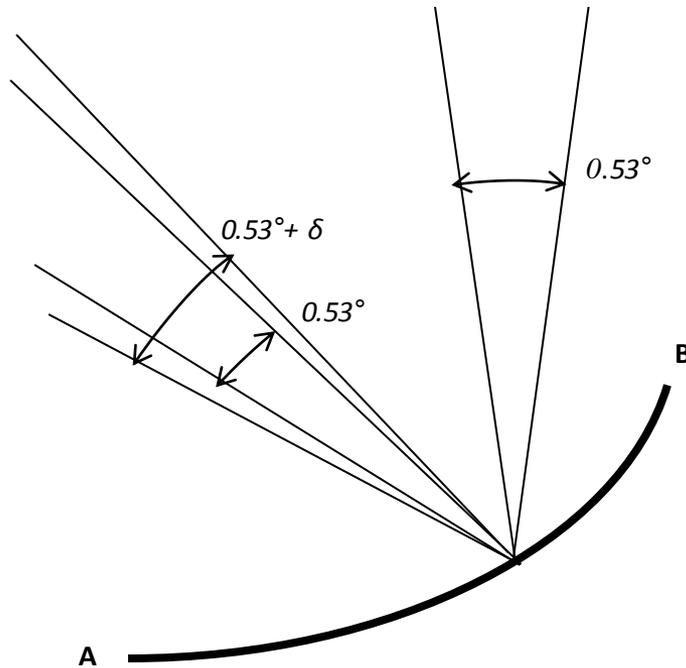


Figura 14. Relación de concentración máxima para colectores PDR.



δ = Medida a partir de los errores angulares de la superficie reflectora

$$\frac{180}{\pi} (\sigma_{tot}) \approx \delta$$

$$\sigma_{tot} = (\sigma_{1D}^2 + \sigma_{2D}^2)^{1/2}$$

Fig. 15. Incremento en la amplitud angular de la radiación reflejada.



Tabla 1. Errores típicos para concentradores parabólicos.

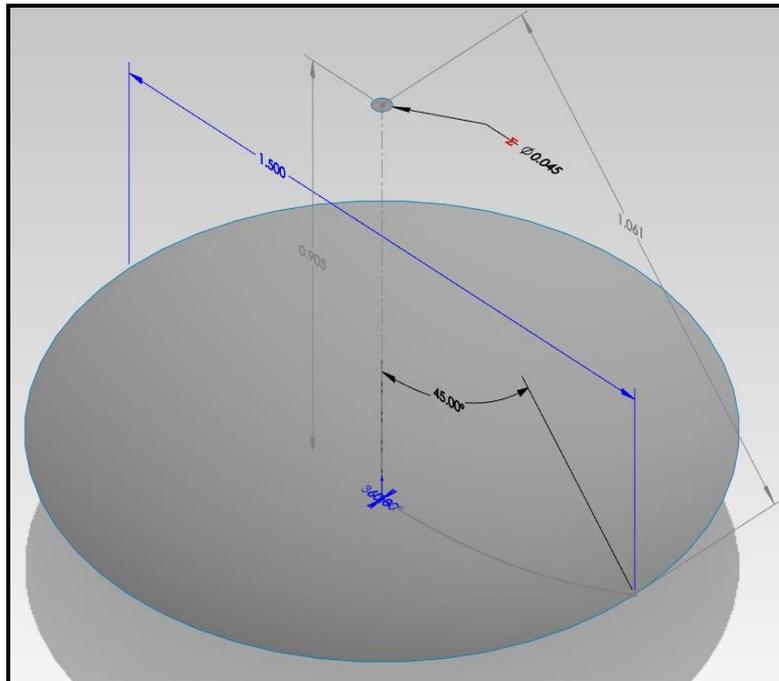
<i>Tipo Y Fuente del error</i>		<i>Magnitud del error (1σ)</i>	σ^2
Unidimensionales (σ_{1D})			
Estructural	(σ_{inc})	2.5 mrad X 2 = 5 mrad	25
Seguimiento Solar			
• Sensor	(σ_{sensor})	2 mrad	4
• Falta de uniformidad	(σ_{seg})	2 mrad	4
Alineación del receptor	(σ_{rec})	2 mrad	4
			$\sum \sigma_{1D}^2 = 37$ $\sigma_{1D} = 6.1 \text{ mrad}$
Bidimensionales (σ_{2D})			
Reflectancia especular del espejo parabólico	(σ_{refl})	0.25 mrad X 2 = 0.50 mrad	0.25
Apertura de los rayos soles	(σ_{sol})	2.8 mrad	7.84
			$\sum \sigma_{2D}^2 = 8.09$ $\sigma_{2D} = 2.8 \text{ mrad}$

$$\sigma_{1D} = \left[(2\sigma_{inc})^2 + (\sigma_{sensor})^2 + (\sigma_{seg})^2 + (\sigma_{rec})^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{2D} = \frac{(\sigma_{sol}^2 + \sigma_{refl}^2)^{1/2}}{\cos \theta}$$

Tabla 2. Valores para dimensionamiento del disco (cm).

Diámetro de disco, a <i>m</i>	Distancia focal, f <i>m</i>	Radio de borde, r_r <i>m</i>	Ancho de imagen focal, W <i>m</i>
0.5	0.302	0.354	0.015
0.75	0.453	0.530	0.022
1	0.604	0.707	0.030
1.25	0.754	0.884	0.037
1.5	0.905	1.061	0.045
1.75	1.056	1.237	0.052
2	1.207	1.414	0.060
2.25	1.358	1.591	0.067
2.5	1.509	1.768	0.075
3	1.811	2.121	0.089



$\Phi_r =$	45°
Ángulo medio = $16'$ =	0.267°
$\delta =$	1.15°
$C_{max} \text{ real} =$	279.9172

Fig. 16. Diseño del disco parabólico reflector.



Figura 18. Disco parabólico manufacturado.



Fig. 17. Elemento absorbedor manufacturado.



Sistema de control.

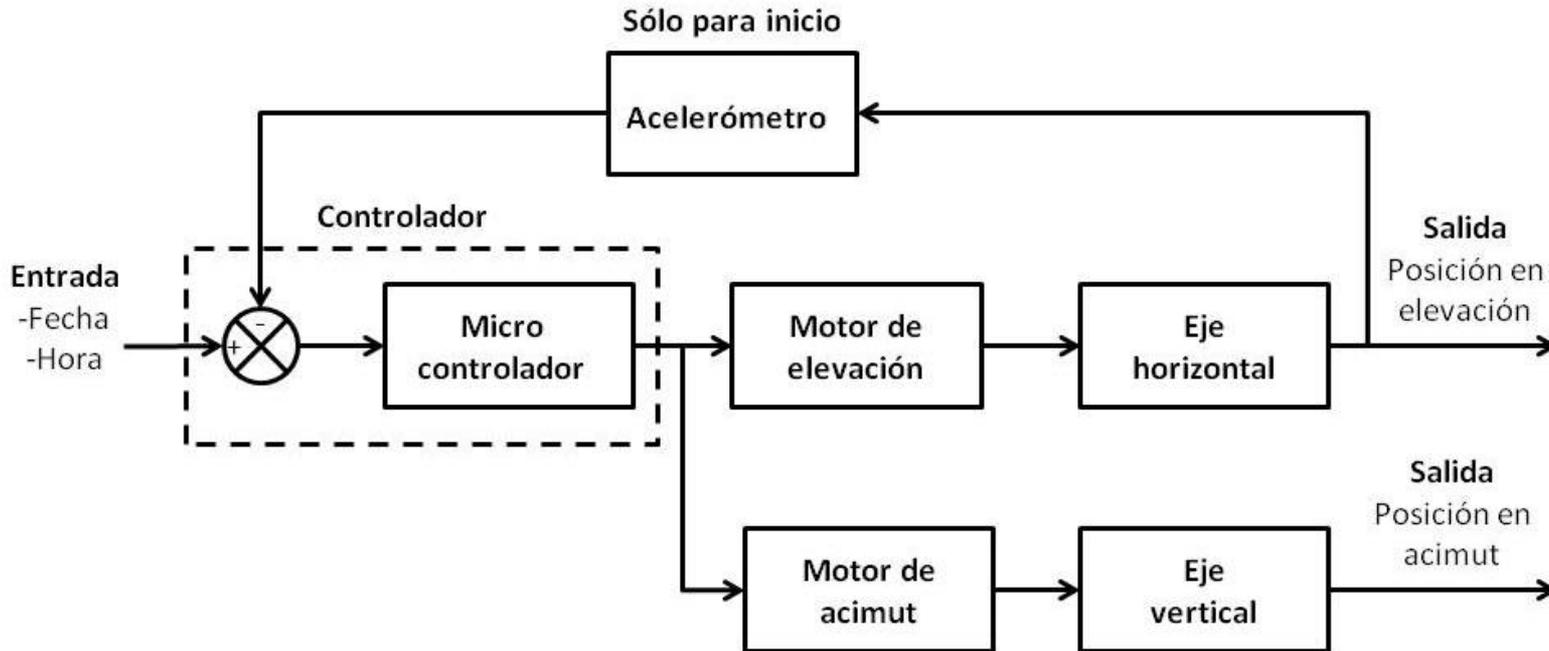


Figura 19. Diagrama de bloques del sistema de control.



Controlador

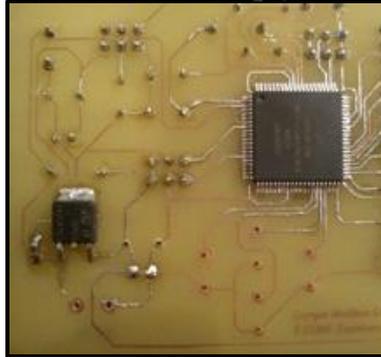
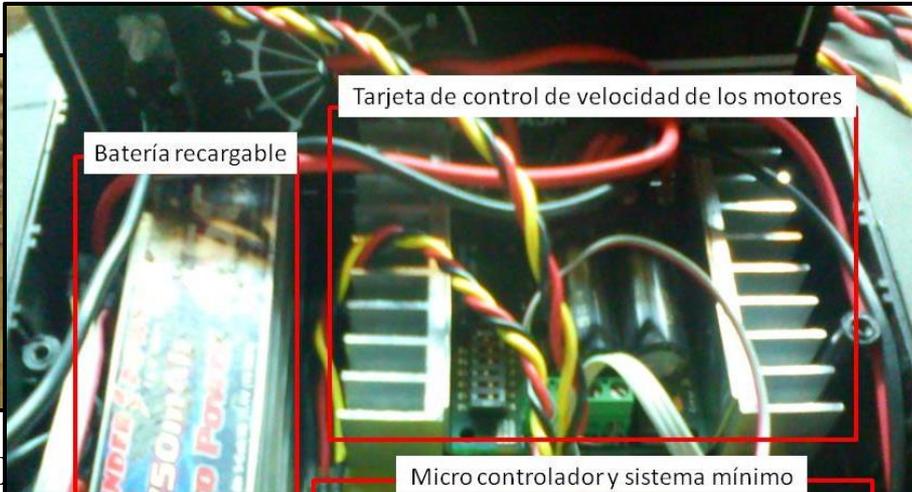


Figura 20.



Batería de alimentación.

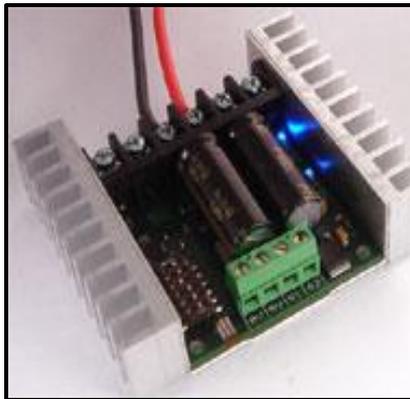


Figura 21. Tarjeta controladora de velocidad de motores.



Figura 24. Modulo de control.



Figura 23. Acelerómetro.



Sistema mecánico.

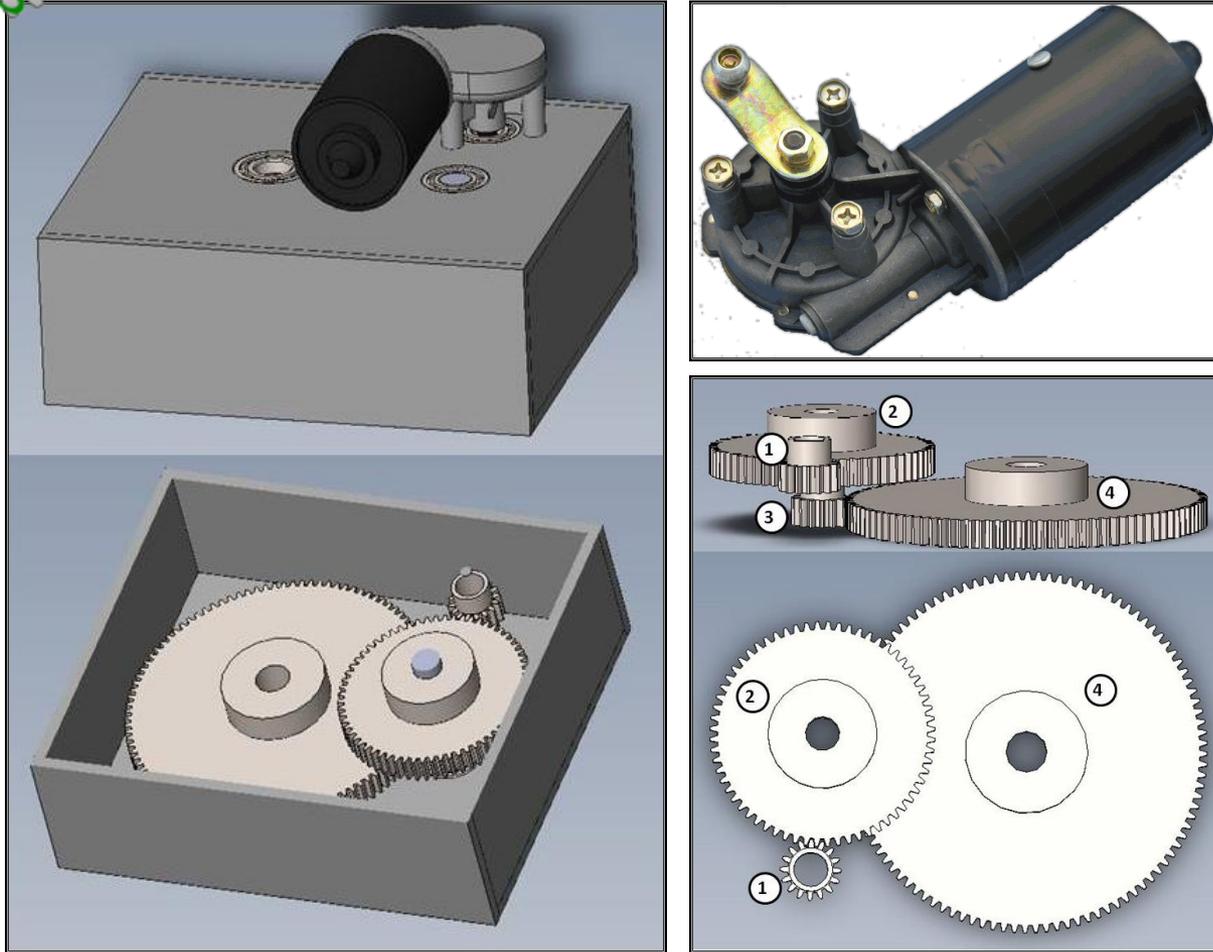


Figura 25. Caja de engranes.

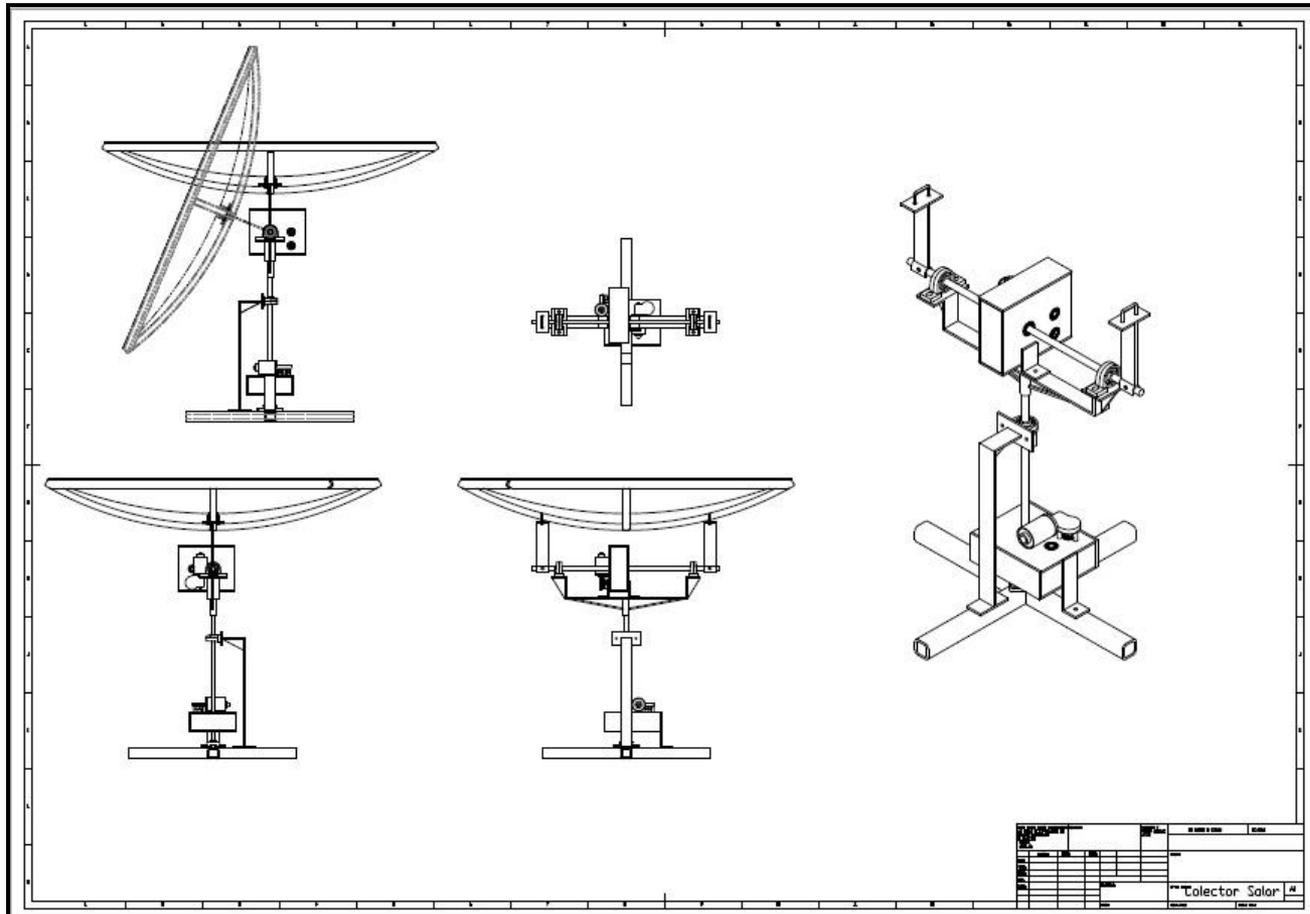


Figura 26. Plano de la estructura de soporte.



Figura 27. Comparativa entre diseño (izquierda) y construcción (derecha).



7. Funcionamiento de los sistemas.



Video 4. Prueba de funcionamiento de todo el sistema.

8. INSTRUMENTACIÓN.



Figura 28. Punto de concentración.



Figura 29. Termopar tipo J y transductor.

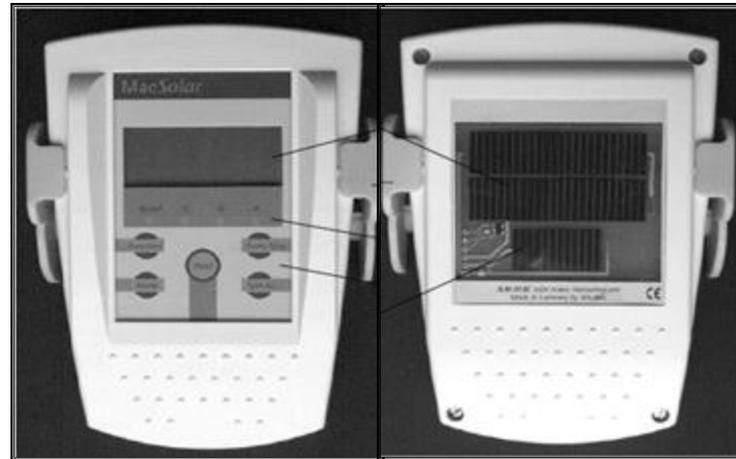


Figura 30. Medidor de radiación solar MacSolar.



Tabla 3. Condiciones de ensayos experimentales.

Zona geográfica	
IPN - Zacatenco	Latitud 19.5° Norte
ESIME, Laboratorios pesados 3, LABINTHAP. México, D.F.	Longitud estándar -90° Longitud local -99°
Intervalos de prueba	
Tiempo normal	10:30 a 16:00 hrs
Ángulo horario correspondiente ω	-46 a 37 °
Prueba 1	
Fecha	13 de Septiembre de 2016
Clima	Nublado
Prueba 2	
Fecha	14 de Septiembre de 2016
Clima	Parcialmente nublado



9. Resultados.

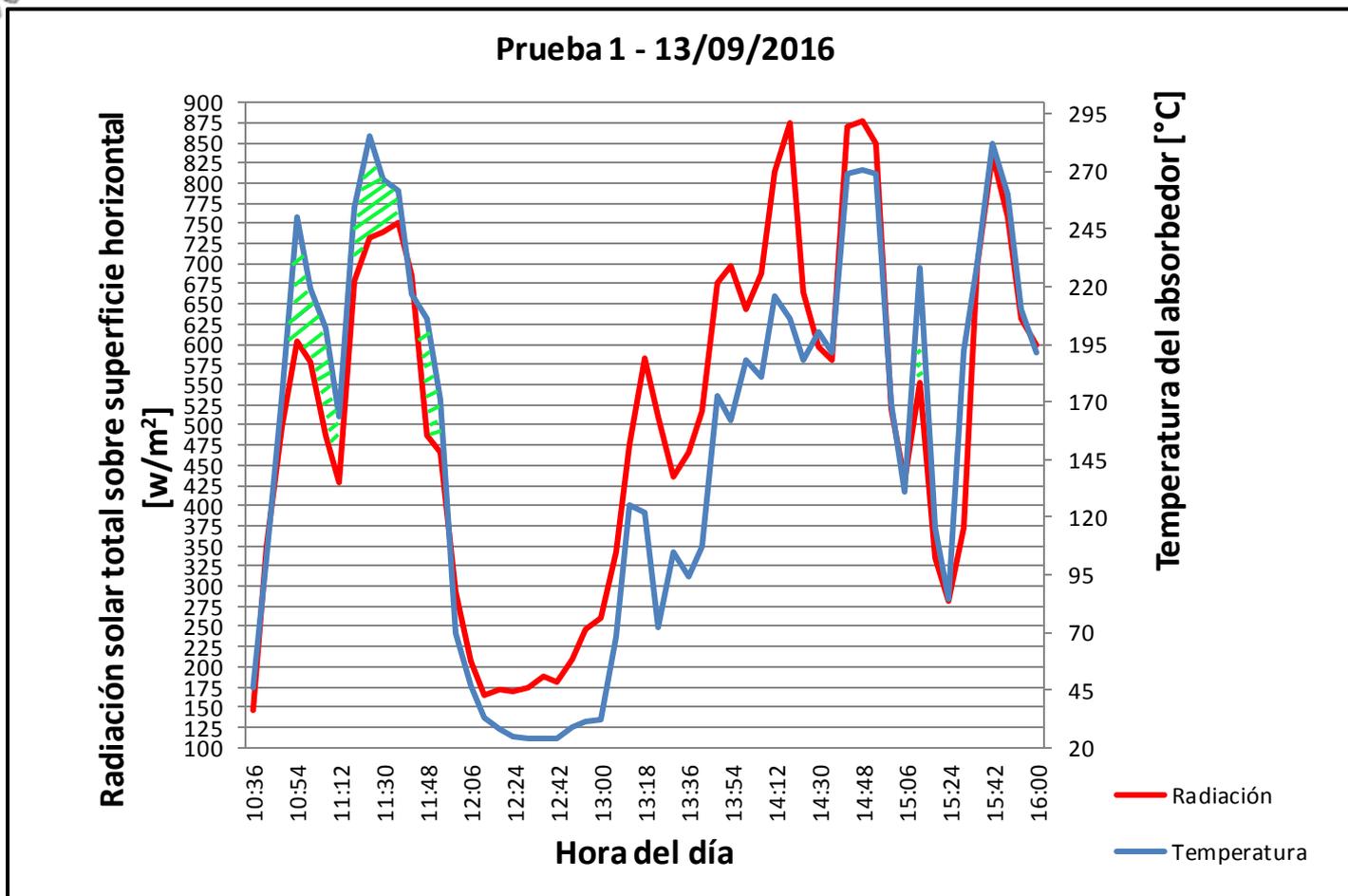


Figura 31. Gráfica de datos experimentales obtenidos para la prueba 1.

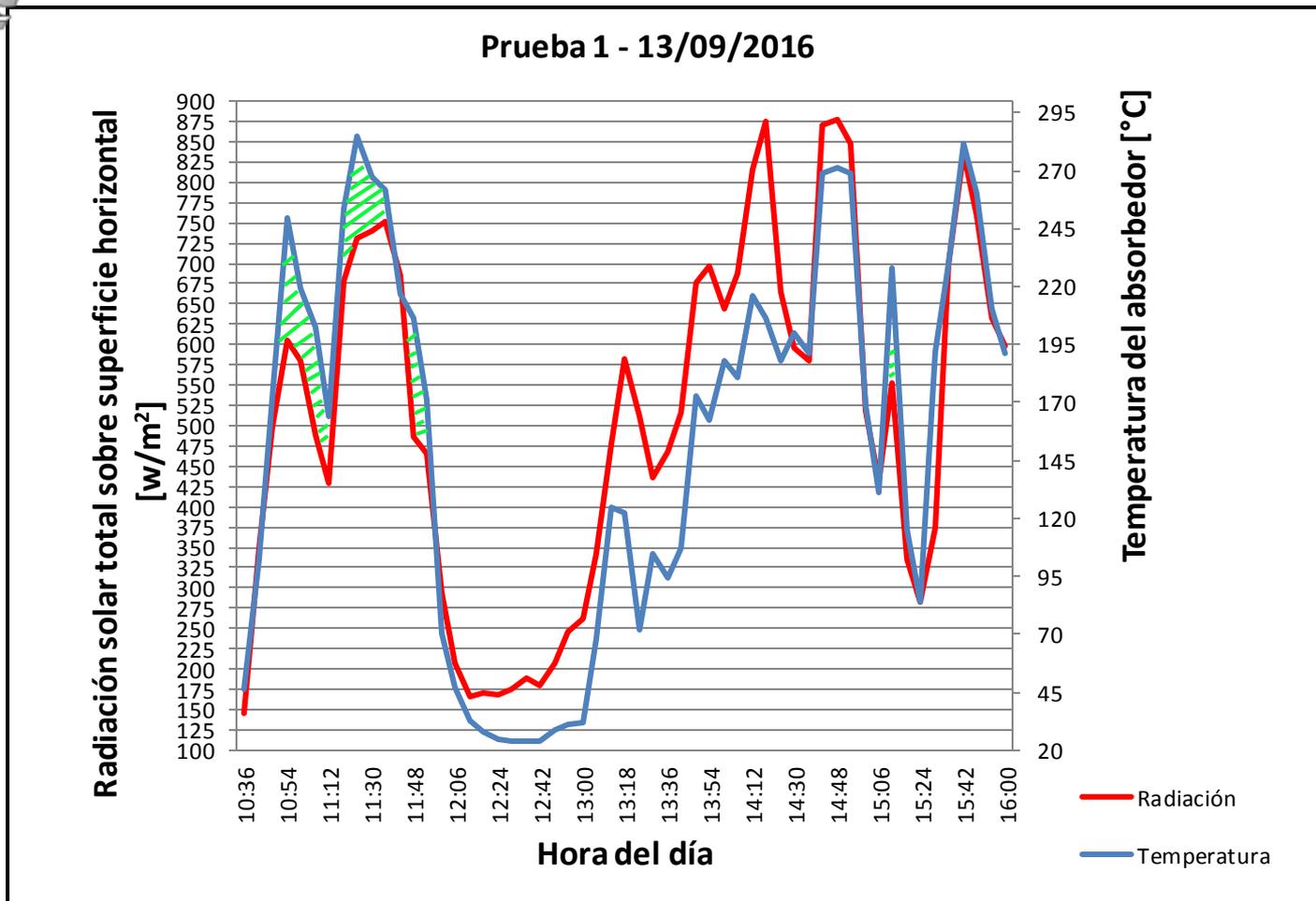


Figura 32. Gráfica de datos experimentales obtenidos para la prueba 2.



Experimentación con aceite térmico

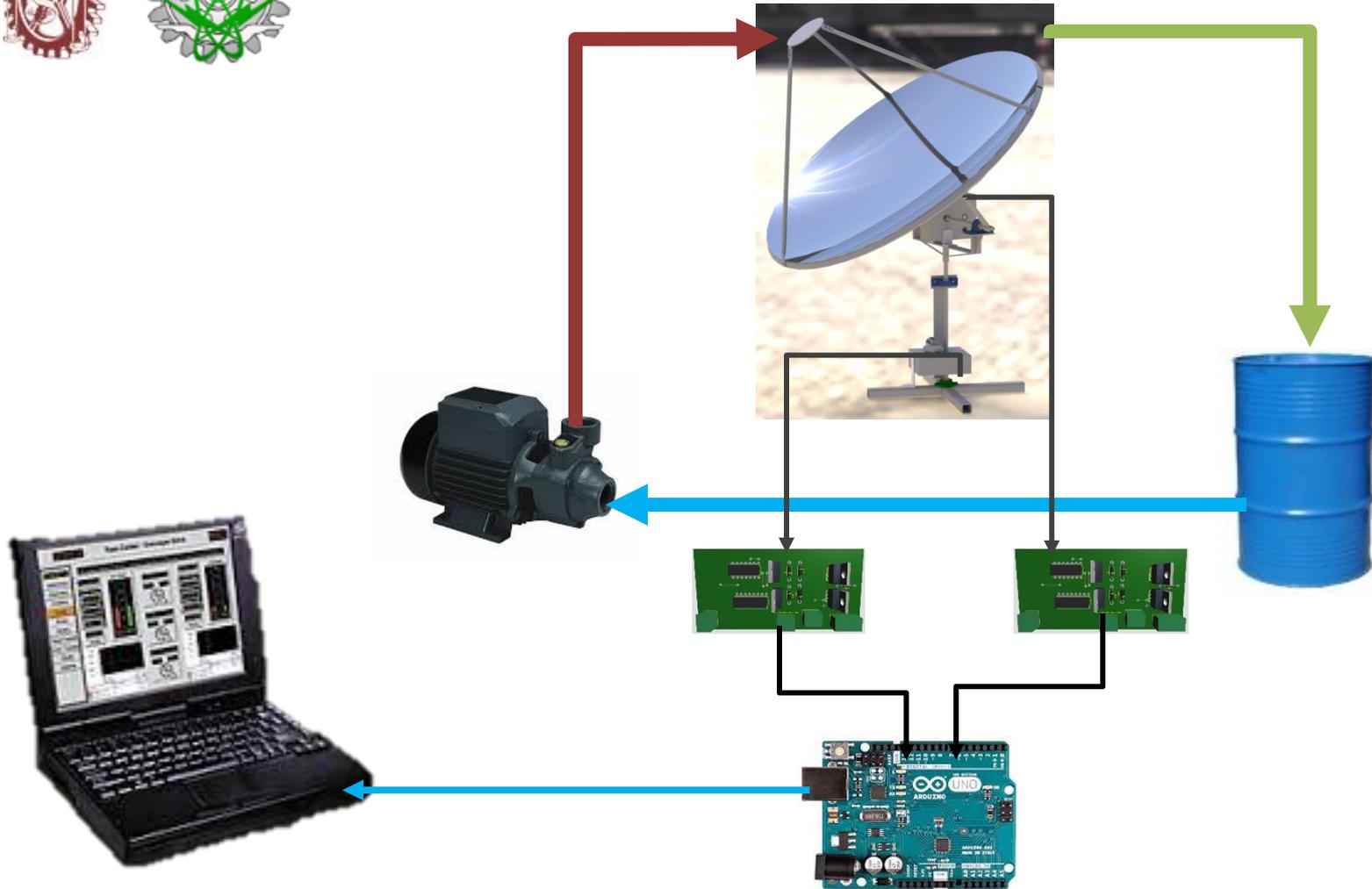


Figura 33. Esquema de experimentación con fluido térmico.



Figura 34. Datos experimentales obtenidos al circular aceite térmico a través del colector.



10. Conclusiones.

- El prototipo es funcional y cumple completamente con el objetivo planteado.
- Se logró aplicar la tecnología de colectores solares PDR a una escala menor que la usual.
- Para el diseño de los colectores PDR, la elección del diámetro adecuado depende de conocer el ángulo de borde que proporciona la máxima concentración.
- La máxima concentración se obtiene con un ángulo de borde de 45° .
- La radiación solar directa incidente normal al plano de apertura es en todo momento mayor a la radiación directa sobre un plano horizontal, esto demuestra que funciona el sistema de control propuesto y que efectivamente se está siguiendo la trayectoria del movimiento aparente del Sol.
- La radiación solar reflejada por el disco se concentra casi en su totalidad dentro del área absorbidora gracias a una buena aproximación del error por dispersión angular.
- Aunque las pruebas se realizaron durante días nublados, en el punto focal se lograron obtener magnitudes significativas de temperatura por lo que en días claros se podrían esperar magnitudes de hasta 600°C ó más.
- El prototipo tiene una gran capacidad de ser explotado científicamente y comercialmente.



- El error por dispersión angular considerado permitió dimensionar un ancho de imagen focal adecuado de forma que la radiación solar reflejada por el disco se concentra casi en su totalidad dentro del área absorbadora.
- Algunos cálculos con valores experimentales de pruebas preliminares demuestran que la operación del colector durante 3 horas podría lograr el incremento de un delta de temperatura de 25 a una masa de agua de 100 kg, o generar 30 kg de vapor saturado de agua partiendo de agua a 25°C.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)