







# 5° CONGRESO DE ENERGÍAS SUSTENTABLES

Bahía Blanca, Argentina

16, 17, 18 y 19 de octubre de 2024

## ANALES DE TRABAJOS COMPLETOS

### Instituciones Organizadoras

-  Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca
-  Universidad Nacional del Sur
-  Universidad Provincial del Sudoeste
-  Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires



Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca (UTN - FRBB)

5to. Congreso de Energías Sustentables ; Compilación de Araceli María Kreder ; María Mercedes Marinsalta ; Guillermo Kalocai ; Coordinación general de María Mercedes Marinsalta ; Director Horacio Di Prátula ; Prólogo de Guillermo Kalocai. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-42-0248-6

1. Energía. 2. Energía Renovable. 3. Innovaciones. I. Kreder , Araceli María, comp. II. Marinsalta , María Mercedes, comp. III. Kalocai, Guillermo, comp. IV. Marinsalta, María Mercedes, coord. V. Di Prátula, Horacio, dir. VI. Kalocai, Guillermo, prolog.

CDD 333.79

Libro de Actas

5to. Congreso de Energías Sustentables

Fecha del Congreso: 16 al 19 de octubre de 2024

Lugar de las Jornadas: Facultad Regional Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

Organizado por:

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca

Universidad Nacional del Sur

Universidad Provincial del Sudoeste

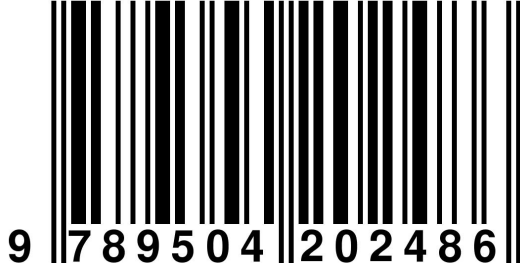
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires

DOI: <https://doi.org/10.33414/ajea.1770.2024>

ISBN: 978-950-42-0248-6

Fecha de Publicación: diciembre de 2024

ISBN 978-950-42-0248-6



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NonComercial 4.0 Internacional.



## Instituciones Auspiciantes



Vida para nuestra tierra





## Comité organizador

Dr. Ing. Horacio R. di Prátula	Presidente – UTN
Ing. Guillermo Kalocai	Secretario Técnico - UNS
Mg. Ing. M. Mercedes Marinsalta	UTN
Mg. Ing. Eduardo Guillermo	UTN
Ing. Cecilia Dolcini	CIPBA
Ing. Pablo Ascolani	CIPBA
Lic. Araceli Kreder	UPSO
Ing. Rodolfo Juan Dillon	UTN
Mg. Lic. Roberto Verna	UTN
Dipl. Mauro Javier Andrés	UTN
Ing. Andrea Paula Rossi	UTN
Esp. Ing. Marcelo Musotto	UTN – CIPBA

### Colaboradores

Federico Costabel - UTN  
Sebastián Gañán – UTN  
Gonzalo Cecchini – UTN



## Comité académico

Ing. Marcelo Antón	UTN FRBB
Ing. Mariano Asteazarán	EnAITecS-UTN FRLP
Ing. Patricia Benedetti	UTN FRBB
Ing. Mariana Bernard	UTN FRSFCO
Mg. Ing. Pablo Jorge Bertinat	UTN FRRo
Mg. Ing. Diego Bertini	UTN FRA
Mg. Marcelo Bertossi	UTN FRC
Dr. Farm. Maximiliano Bidegain	CONICET
Ing. Pamela Blazquez	UTN FRBB
Dr. Ing. Guillermo Bossio	GEA -IITEMA -UNRC -CONICET
Ing. Luis Bouyssede	UNS
Dr. Ing. Sergio Bragagnolo	UTN FRC
Mg. Ing. Marcelo Bruno	CONICET
Mg. Ing. Rubén Bufanio	UTN FRN
Ing. Jorge Caminos	UTN FRSF
Ph.D. Domingo Campaña	UTN FRBB
Dr. Adrián Canzian	UTN FRGP
Dr. Ing. Pablo Caron	UTN FRH
Dr. Ing. Carlos María Chezzi	UTN FRCON
Dr. Ing. Héctor Chiacchiarini	UNS -CONICET
Mg. Ing. Olga Cifuentes	UTN FRBB
Dra. Ing. Diana Constenla	UNS
Ing. Pablo D'Angona	UTN FRBA
Mg. Ing. Lorenzo De Pasquale	UTN SCTyP
Dra. Ing. Norma De Cristófaró	Mahrea, Argentina
Dr. Ing. Lucas Di Giorgio	UTN FRBB
Dr. Ing. Horacio di Prátula	UTN FRBB



Ing. Nicolás Di Ruscio	OES -UTN
Dr. Ing. Franco Dotti	UTN FRBB -CONICET
Dr. Ing. Liberto Ercoli	UTN
Ing. Daniel Fernández	SUSTENTAR energía SRL
Dr. Ing. Diego Ferreyra	UTN FRSFCO
Dr. Ing. Andrés García	UTN FRBB
Dr. Octavio García Valladares	UNAM
Ing. Marcelo Gil	UTN FRLP
Mg. Ing. Pablo Girón	UTN FRBB
Mg. Ing. Maria Cecilia Girotti	Independent
Dr. Ing. Adrián Gonnet	UTN FRBB
Mg. Ing. Eduardo Guillermo	UTN FRBB
Mg. Ing. Pablo Alejandro Haim	UTN FRBA
Esp. Ing. Luis Hernández	UTN FRGP
Ing. Guillermo Kalocai	UNS
Dr. Ing. Ariel Loyarte	UTN FRSF
Mg. Ing. José Maccarone	UTN FRLP
Ing. Carlos Mainetti	UTN FRBB
Dr. Ing. Ulises Manassero	CIESE UTN FRSFCO
Dr. Ing. Jorge Marchetti	Norwegian University of Life Sciences
Mg. Ing. M Mercedes Marinsalta	UTN FRBB
Ing. Pablo Martina	UNNE
Mg. Silvina Medus	UTN FRBB
Esp. Ing. Leonardo Melo	UTN FRA
Dr. Ing. Gustavo Monte	UTN FRN
Esp. Ing. María Cecilia Montero	UTN FRBB
Dra. Cecilia Morgade	UTN FRBB
Dr. Ing. Juan Moro	UNS
Esp. Ing. Marcelo Musotto	UTN FRBB
Esp. Ing. Héctor Pascual	TSSE -CODAPLI -UTN FRLP
Esp. Ing. Carlos Pistonesi	UTN FRBB



Dr. Marcelo Pistonesi	UNS
Dr. Ing. Lucio Ponzoni	CNEA –UNTREF
Lic. Paula Prados Broco	UDESА
Ing. Agostina Quicchi	UTN FRSFCO
Dra. Lic. Marina Recalde	Fundación Bariloche
Dr. Raúl Righini	Universidad Nacional de Luján
Ing. Marcelo Ríos	UNS
Esp. Ing. Andrea Rossi	UTN FRBB
Mg. Ing. Juan Salerno	OES -UTN
Dr. Ing. Emmanuel Sangoi	CIESE -UTN
Mg. Ing. Aloma Sartor	UTN FRBB
Dr. Gustavo Schweickardt	CONICET - UTN FRCU
Dr. Lic. Daniel Serafini	USACH
Dr. Ing. Jorge Solsona	DIEC -UNS
Prof. Valeria Stern	GER Solar - UNLu
Ing. Federico Stuhldreher Madsen	UTN FRBB
Ing. Gerardo Szwarc	UTN FRSFCO
Ing. Walter Tonini	UTN FRSFCO
Mg. Ing. José Torres	CIESE - UTN FRSF
Dra. Yamila Vazquez	PLAPIQUI CONICET UNS
Dr. Ing. Jorge Vega	SCTyP UTN
Dr. Lic. Raúl Versaci	CNEA UTN
Dr. Ing. Claudio Zega	LEMIT
Ing. Hugo Zurlo	UTN FRRe

# DISCOS DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Di Ruscio, Nicolás<sup>1</sup>; Orecchia, Martín; Salerno, Juan

Observatorio de Energía y Sustentabilidad - Facultad Regional Rosario, UTN

E-mail 1: [nicolasdr@live.com](mailto:nicolasdr@live.com)

**RESUMEN:** El objetivo del presente trabajo se centra en el tratamiento de datos de radiación solar incidente en plano inclinado obtenidos a partir del software RetScreen4 y su procesamiento adecuado con herramientas de hoja de cálculo mediante el empleo de procesos automatizados por macros, para la posterior confección de gráficos y la edición de coordenadas y referencias para confeccionar los discos de pérdidas por orientación e inclinación.

El objetivo de los discos de pérdidas es disponer de una herramienta visual, simple y clara que permita cuantificar el porcentaje de pérdida de radiación solar recibida para una condición particular de orientación e inclinación del plano de captación, tanto para sistemas de energía solar térmica como también fotovoltaica, además de otras posibles aplicaciones en arquitectura bioclimática. Se han elaborado los discos respectivos para 27 localidades del territorio argentino.

**Palabras Claves:** Discos de pérdidas, Radiación solar, Energía solar térmica, Energía solar fotovoltaica. Orientación, Inclinación.

**Área Temática:** Generación Distribuida.

**Categoría del Trabajo:** Trabajo de docentes investigadores.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Programa de Desarrollo de la Industria Solar (PRODIS) forma parte de las líneas de trabajo del Programa de Desarrollo Productivo Verde del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación (Argentina) y tiene como objetivo impulsar el potencial de fabricación nacional de tecnologías de aprovechamiento de la Energía Solar Térmica, y, al mismo tiempo, ampliar la capacidad total instalada de sistemas solares térmicos, contribuyendo con la diversificación de las fuentes de la matriz energética nacional y con la mitigación del cambio climático.

Como puede comprenderse, el recurso solar disponible en Argentina es susceptible de un gran aprovechamiento energético [1].

El Programa propone una implementación, mediada por acuerdos, de participación entre la Nación, las provincias y los municipios, así como con otros Ministerios, articulados con la participación de las empresas, cooperativas y mutuales que fabrican en forma local, instalan o comercializan equipos de tecnologías de aprovechamiento de Energía Solar Térmica para calentamiento de agua sanitaria. El Observatorio de Energía y Sustentabilidad (O.E.S) es un grupo de investigación perteneciente al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario (U.T.N-FRRO). El mismo está conformado por un grupo de docentes, graduados y alumnos. El Grupo OES desarrolla actividades de Investigación y de Extensión, habiendo abordado numerosos Proyectos de energías renovables desde su creación, incluyendo el Proyecto PRIER, de energías renovables distribuidas en la localidad de Armstrong, Santa Fe, a partir de los cuales ha adquirido una importante experiencia en la temática.

En el territorio argentino se cuenta con los precedentes de mapas de distribución espacial del promedio mensual de la radiación solar global diaria sobre un plano horizontal [2], atlas con datos de la red solarimétrica regional [3] y cartas de irradiación solar en la región conocida como Pampa Húmeda [4].

Dentro del marco del programa PRODIS, además de emplear los recursos existentes anteriormente mencionados, como herramienta fundamental para el diseño y comprobación de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, se decidió desarrollar a partir del trabajo del Grupo, una herramienta visual, sencilla y de simple utilización.

Los discos de pérdidas por orientación (azimut  $\alpha$ , desviación respecto al norte geográfico) e inclinación (elevación  $\beta$ , ángulo de inclinación del captador solar respecto de la horizontal) se emplean para determinar el porcentaje de radiación solar recibida en el plano de trabajo para una ubicación determinada del equipo, respecto del valor máximo óptimo.

En muchas ocasiones se presentan dificultades u obstáculos edilicios o técnicos que impiden colocar el captador solar en condiciones óptimas (integración total o parcial en cubiertas de techos u otras estructuras, conservación de paralelismo u ortogonalidad con líneas de edificación, etc.). La herramienta que se presenta resulta de utilidad para cuantificar gráficamente la reducción de radiación solar recibida para cierta condición de emplazamiento y a su vez es una herramienta visual que permite encontrar la orientación e inclinación óptimas.

En el hemisferio sur, los captadores fotovoltaicos se orientan hacia el punto cardinal norte (geográfico), al cual se le designa con azimut  $0^\circ$ .

Asimismo, existen diferentes posibilidades de optimización de captación del recurso solar dependiendo la finalidad del sistema.

### 1.1 Agua Caliente Sanitaria.

En aquellos casos donde se evalúa la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), se considera el mayor aprovechamiento del recurso solar durante los seis meses de invierno, es por ello que se han elaborado discos estacionales, los cuales están optimizados para el período invernal del año.

### 1.2 Sistemas fotovoltaicos aislados.

En los sistemas fotovoltaicos aislados puros (sin sistemas auxiliares de apoyo) donde el recurso energético depende exclusivamente de la energía disponible en los acumuladores, la temporada invernal es crítica ya que la radiación solar que llega a la corteza terrestre es menor y, por consiguiente, la energía eléctrica generada es escasa. Para esta situación también se utilizan los discos estacionales optimizados para invierno.

### 1.3 Sistemas fotovoltaicos conectados a red.

En los sistemas fotovoltaicos de inyección a red [5] [6], también denominados energía distribuida, se busca maximizar la generación de energía eléctrica anual, ya que la amortización del equipamiento depende de los ingresos percibidos (o ahorrados) por inyectar energía en paralelo con la red de distribución pública. En estos casos se suelen emplear discos de optimización anual.

## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 2.1 Software de obtención de condiciones climáticas.

El programa de gestión de energías limpias RETScreen (usualmente abreviado como RETScreen) es un paquete de programas desarrollado por el Gobierno de Canadá, lanzado el 30 de abril de 1998 y evolucionando con el paso de los años. En este trabajo se ha empleado la versión RETScreen 4.

Este software (ver Figura 1) permite la evaluación y la optimización de la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable y de eficiencia energética, además de la medición y verificación del rendimiento de instalaciones. Incluye una base de datos de condiciones climáticas obtenida de 6.700 estaciones terrestres y de datos satelitales de la NASA (Figura 2).



Figura 1: Pantalla inicial de software RETScreen y base de datos empleada de NASA. [RETScreen]

Empleando como fuente de los datos de radiación solar recibida en plano horizontal y plano inclinado obtenidos con RETScreen para 27 localidades del territorio argentino, se procedió a confeccionar una Macro de automatización en Excel cuya función es tomar, para cada par de coordenadas de azimut  $\alpha$  y elevación  $\beta$ , los datos de RETScreen y reordenarlos en tablas (Tabla 1).

**Modelo de Energía RETScreen - Proyecto de generación eléctrica**  
**Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto**

Tipo de análisis:  Método 1  Método 2

Evaluación de recursos:  
 Modo de rastreo solar:  Fijado  Seguimiento  
 Inclinación:   
 Azimut:

Mostrar datos

Mes	Radiación solar diaria	
	horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	inclinado kWh/m <sup>2</sup> /d
Enero	6,83	6,63
Febrero	6,19	6,21
Marzo	5,03	5,23
Abril	3,83	4,23
Mayo	2,83	3,29
Junio	2,28	2,73
Julio	2,47	2,91
Agosto	3,36	3,77
Setiembre	4,28	4,53
Octubre	5,42	5,46
Noviembre	6,50	6,36
Diciembre	6,69	6,44
<b>Anual</b>	<b>4,63</b>	<b>4,81</b>

Radiación solar anual - horizontal: 1,69 MWh/m<sup>2</sup>  
 Radiación solar anual - inclinado: 1,76 MWh/m<sup>2</sup>

Figura 2: pantalla con datos de radiación solar en plano horizontal e inclinado [RETScreen].

## 2.2 Obtención de tablas de datos crudos

Tabla 1: ejemplo de tablas de datos en crudo generada por la Macro [elaboración propia mediante Excel]

Inclinación	92,2	87,3	82,5	77,6	72,8	68,0	63,2	58,5	53,9	49,2	44,7	40,3	36,1	32,0	28,3	25,0	22,4	20,6	20,0	20,6	22,4	25,0	28,3	32,0	36,1	40,3	44,7	49,2	53,9	58,5	63,2	68,0	72,8	77,6	82,5	87,3	92,2	
Azimut	257,5	256,8	256,0	255,1	254,1	252,9	251,6	250,0	248,2	246,0	243,4	240,3	236,3	231,2	225,0	216,9	206,6	194,0	180,0	166,0	153,4	143,1	135,0	128,7	123,7	119,7	116,6	114,0	111,8	110,0	108,4	107,1	105,9	104,9	104,0	103,2	102,5	
Azimut +180°	137,5	136,8	136,0	135,1	134,1	132,9	131,6	130,0	128,2	126,0	123,4	120,3	116,3	111,2	105,0	96,9	86,6	74,0	60,0	46,0	33,4	23,1	15,0	8,7	3,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Enero	3,67	3,89	4,14	4,38	4,61	4,85	5,08	5,28	5,50	5,70	5,87	6,04	6,31	6,42	6,49	6,55	6,58	6,59	6,58	6,55	6,49	6,42	6,31	6,19	6,04	5,87	5,70	5,50	5,28	5,08	4,85	4,61	4,38	4,14	3,89	3,67		
Febrero	3,57	3,78	4,02	4,24	4,45	4,68	4,89	5,08	5,28	5,46	5,61	5,78	5,93	6,01	6,11	6,18	6,22	6,25	6,26	6,25	6,22	6,18	6,11	6,01	5,91	5,78	5,61	5,46	5,28	5,08	4,89	4,68	4,45	4,24	4,02	3,78	3,57	
Marzo	2,99	3,18	3,39	3,58	3,76	3,96	4,15	4,31	4,49	4,65	4,79	4,93	5,05	5,15	5,24	5,32	5,37	5,40	5,41	5,40	5,37	5,32	5,24	5,15	5,05	4,93	4,79	4,65	4,49	4,31	4,15	3,96	3,76	3,58	3,39	3,18	2,99	
Abril	2,57	2,74	2,90	3,06	3,21	3,37	3,51	3,64	3,78	3,91	4,02	4,12	4,22	4,29	4,35	4,41	4,45	4,47	4,48	4,47	4,45	4,41	4,35	4,29	4,22	4,12	4,02	3,91	3,78	3,64	3,51	3,37	3,21	3,06	2,90	2,74	2,57	
Mayo	2,00	2,14	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,88	2,99	3,09	3,19	3,27	3,35	3,43	3,48	3,54	3,58	3,61	3,61	3,61	3,58	3,54	3,48	3,43	3,35	3,27	3,19	3,09	2,99	2,88	2,77	2,65	2,52	2,40	2,27	2,14	2,00	
Junio	1,71	1,83	1,94	2,04	2,14	2,25	2,34	2,43	2,52	2,61	2,68	2,75	2,82	2,88	2,92	2,96	3,00	3,02	3,03	3,02	3,00	2,96	2,92	2,88	2,82	2,75	2,68	2,61	2,52	2,43	2,34	2,25	2,14	2,04	1,94	1,83	1,71	
Julio	1,80	1,92	2,04	2,15	2,26	2,37	2,47	2,57	2,66	2,76	2,84	2,91	2,99	3,05	3,10	3,14	3,18	3,20	3,21	3,20	3,18	3,14	3,10	3,05	2,99	2,91	2,84	2,76	2,66	2,57	2,47	2,37	2,26	2,15	2,04	1,92	1,80	
Agosto	2,20	2,36	2,51	2,65	2,79	2,94	3,08	3,21	3,34	3,46	3,57	3,67	3,77	3,86	3,92	3,99	4,04	4,07	4,08	4,07	4,04	3,99	3,92	3,86	3,77	3,67	3,57	3,46	3,34	3,21	3,08	2,94	2,79	2,65	2,51	2,36	2,20	
Septiembre	2,64	2,81	2,99	3,15	3,31	3,49	3,65	3,79	3,94	4,08	4,20	4,31	4,42	4,51	4,58	4,64	4,69	4,71	4,72	4,71	4,69	4,64	4,58	4,51	4,42	4,31	4,20	4,08	3,94	3,79	3,65	3,49	3,31	3,15	2,99	2,81	2,64	
Octubre	3,02	3,21	3,42	3,63	3,81	4,03	4,22	4,40	4,58	4,76	4,90	5,06	5,19	5,29	5,40	5,47	5,52	5,57	5,58	5,57	5,52	5,47	5,40	5,29	5,19	5,06	4,90	4,76	4,58	4,40	4,22	4,03	3,81	3,63	3,42	3,21	3,02	
Noviembre	3,55	3,77	4,00	4,24	4,45	4,69	4,90	5,10	5,31	5,50	5,66	5,83	5,96	6,08	6,18	6,25	6,30	6,33	6,34	6,33	6,30	6,25	6,18	6,08	5,96	5,83	5,66	5,50	5,31	5,10	4,90	4,69	4,45	4,24	4,00	3,77	3,55	
Diciembre	3,52	3,75	3,98	4,22	4,44	4,67	4,90	5,10	5,31	5,50	5,67	5,84	5,98	6,10	6,21	6,29	6,34	6,37	6,38	6,37	6,34	6,29	6,21	6,10	5,98	5,84	5,67	5,50	5,31	5,10	4,90	4,67	4,44	4,22	3,98	3,75	3,52	
Máximo Anual	2,76	2,94	3,13	3,30	3,47	3,66	3,82	3,98	4,14	4,28	4,41	4,53	4,65	4,74	4,82	4,88	4,93	4,96	4,97	4,96	4,93	4,88	4,82	4,74	4,65	4,53	4,41	4,28	4,14	3,98	3,82	3,66	3,47	3,30	3,13	2,94	2,76	
Inv Prom 4 meses	3,93	3,96	2,19	2,31	2,43	2,55	2,67	2,77	2,88	2,98	3,07	3,15	3,23	3,30	3,36	3,41	3,45	3,47	3,48	3,47	3,45	3,41	3,36	3,30	3,23	3,15	3,07	2,98	2,88	2,77	2,67	2,55	2,43	2,31	2,19	2,06	1,93	
Inv Prom 6 meses	3,15	2,30	2,44	2,57	2,70	2,84	2,97	3,09	3,20	3,32	3,42	3,50	3,57	3,63	3,73	3,78	3,82	3,85	3,86	3,85	3,82	3,78	3,73	3,67	3,59	3,50	3,42	3,32	3,20	3,09	2,97	2,84	2,70	2,57	2,44	2,30	2,15	
Ver Prom 4 meses	3,38	3,59	3,82	4,04	4,24	4,47	4,67	4,86	5,06	5,24	5,39	5,55	5,68	5,79	5,89	5,96	6,01	6,04	6,05	6,04	6,01	5,96	5,89	5,79	5,68	5,55	5,39	5,24	5,06	4,86	4,67	4,47	4,24	4,04	3,82	3,59	3,38	
Ver Prom 6 meses	3,34	3,55	3,78	3,99	4,20	4,42	4,62	4,81	5,01	5,18	5,34	5,49	5,62	5,73	5,83	5,90	5,95	5,98	5,99	5,98	5,95	5,90	5,83	5,73	5,62	5,49	5,34	5,18	5,01	4,81	4,62	4,42	4,20	3,99	3,78	3,55	3,34	



## 2.4 Obtención de gráficas

Seguidamente, se realizan las gráficas utilizando el software Matlab, configurando gráficos con 20 anillos, cada uno de los cuales indican un 5% de reducción de energía recibida respecto al óptimo. En Figura 3 vemos una gráfica genérica inicial.

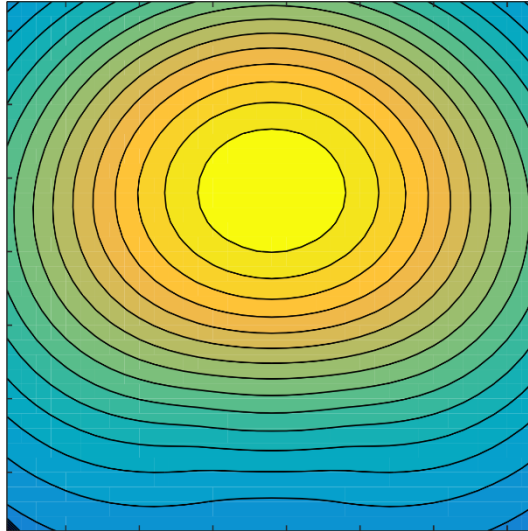


Figura 3: Gráfica inicial [elaboración propia mediante Matlab]

Para una correcta presentación visual y facilitar la interpretación de la imagen, se superpone un diagrama circular (disco, Figura 4) con las coordenadas de (azimut  $\alpha$  y elevación o inclinación  $\beta$ ), como así también una barra de escala gráfica.

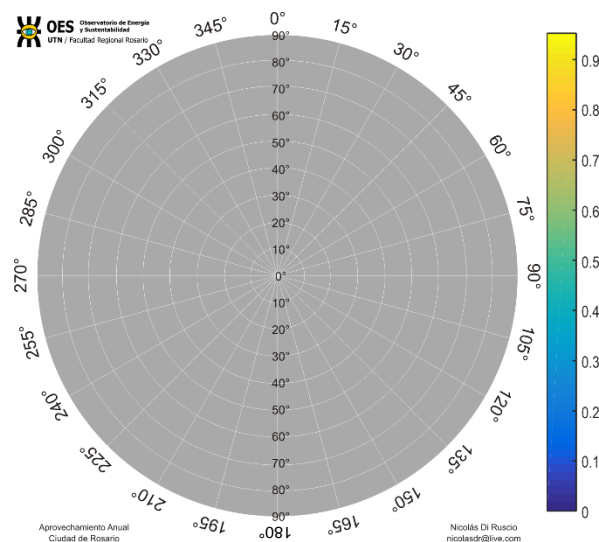


Figura 4: Plantilla con coordenadas y escala gráfica [elaboración propia mediante Corel Draw]

Finalmente, luego del procesamiento de datos e imágenes, se obtienen resultados gráficos específicos de aprovechamientos anuales u optimizados para los meses de invierno, para diferentes ubicaciones, como los de las Figuras 5 (Rosario) y 6 (Reconquista).

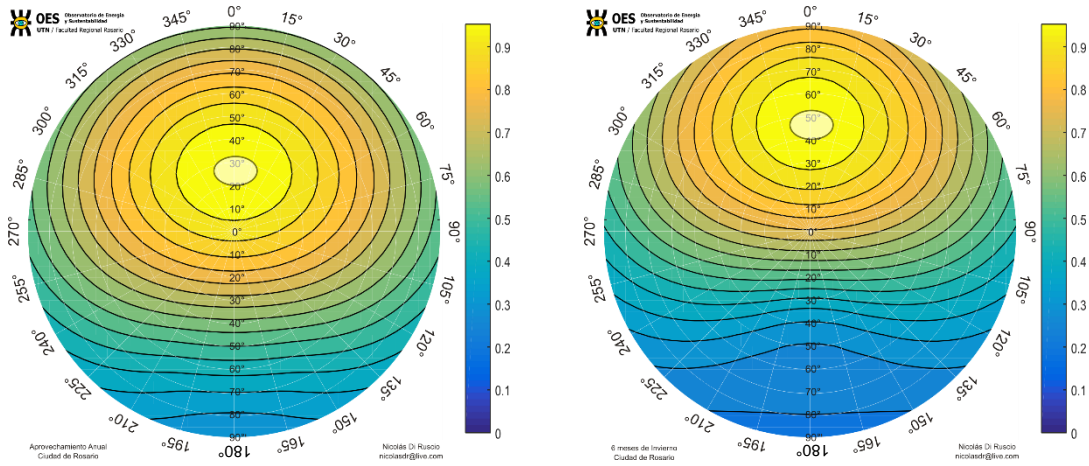


Figura 5: Gráficos de discos (ejemplo) obtenidos para aprovechamiento anual (izq.) y optimización para 6 meses de invierno (der.) para la localidad de Rosario [elaboración propia].

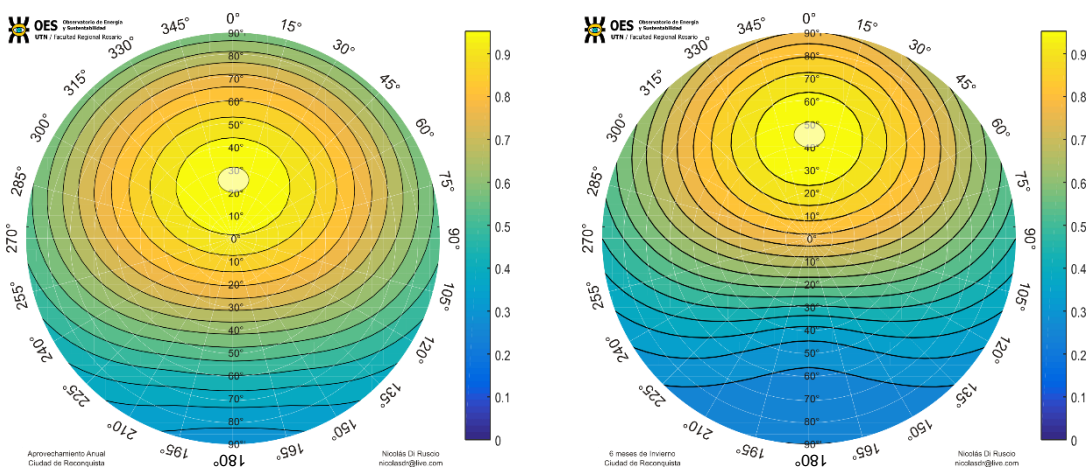


Figura 6: Gráficos de discos (ejemplo) obtenidos para aprovechamiento anual (izq.) y optimización para 6 meses de invierno (der.) para la localidad de Reconquista [elaboración propia].

### 2.4 Utilización de las gráficas

En cada figura deberán ubicarse dos coordenadas en grados sexagesimales (azimut  $\alpha$  y elevación o inclinación  $\beta$ ) que corresponderán a los ángulos del captador solar en estudio.

El azimut  $\alpha$  se localizará como radios originados en el centro del disco y cuyos ángulos están indicados en la periferia de este, desde  $0^\circ$  Norte, pasando por  $180^\circ$  Sur hasta volver a  $360(=0^\circ)$  Norte. Las Figuras 7, 8 y 9 sirven de explicación para azimut, puntos cardinales, inclinación y anillos de pérdidas.

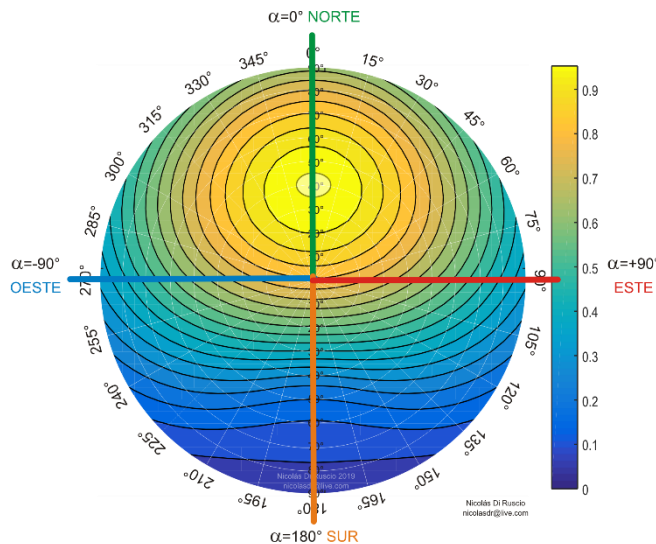


Figura 7: Explicación del disco de pérdidas, azimut y puntos cardinales [elaboración propia].

La elevación  $\beta$  se encontrará en los círculos concéntricos al disco, comenzando con inclinación  $0^\circ$  (posición horizontal del plano de captación) en dicho centro y  $90^\circ$  (posición vertical) en la periferia del disco.

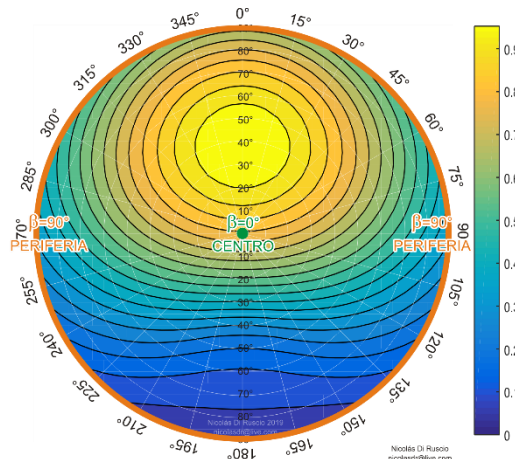


Figura 8: Explicación de disco de pérdidas, inclinación [elaboración propia].

Cada sector anular del disco corresponde a un determinado porcentaje de energía recibida respecto de la óptima. La región óptima se sitúa sobre el eje de azimut  $\alpha=0^\circ$ , se representa por una elipse de color claro y corresponde al 100%. Cada sector subsiguiente indica una reducción escalonada de 5%. También puede visualizarse el porcentaje de radiación recibida empleando la escala de colores ubicada a la derecha de cada disco.

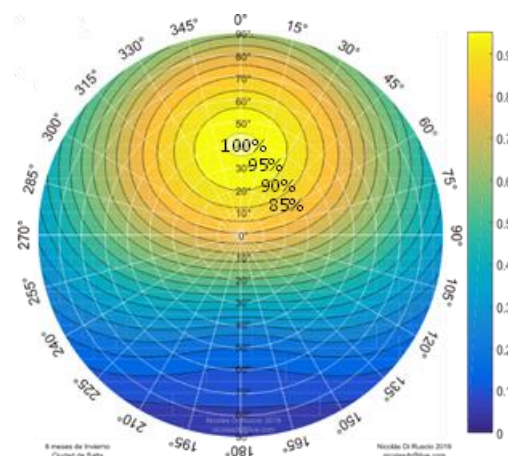


Figura 9: Explicación de disco de pérdidas, anillos de pérdidas [elaboración propia].

## 2.5 Ejemplo

Todo lo detallado en el párrafo anterior, puede comprenderse mejor mediante un ejemplo de aplicación del uso del disco. Para ello se ha elaborado la Figura 10.

Para representar un captador solar con azimut  $\alpha=30^\circ$  y elevación  $\beta=50^\circ$ , la intersección entre ambas líneas será el punto buscado en el disco.

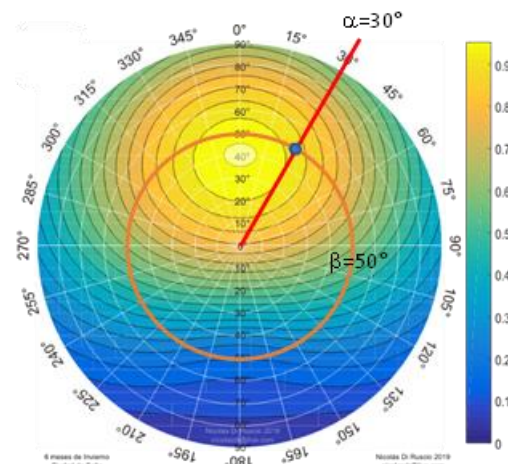


Figura 3: Explicación de disco de pérdidas, ejemplo de utilización [elaboración propia].

De acuerdo con lo observado en la figura anterior, el captador solar con la orientación y elevación en estudio, recibirá el 90% de la radiación que recibiría en condiciones óptimas de orientación e inclinación (que, de acuerdo con el ejemplo mostrado, correspondería a azimut  $\alpha=0^\circ$  y elevación  $\beta\approx 40^\circ$ ).

### 3. RESULTADOS

Se ha desarrollado una herramienta simple para el prediseño y optimización de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, como así también otros usos que requieran evaluar el recurso solar, basándose en el ordenamiento de datos de forma visual e intuitiva.

Con este instrumento, tanto los diseñadores, instaladores como inspectores de los institutos provinciales de vivienda de las diversas regiones de Argentina podrán evaluar de modo breve los equipos solares a implementar dentro del programa PRODIS.

### 4. CONCLUSIONES

El método de tratamiento de información de potencial solar presentado en este informe podría ser empleado para cualquier localización tanto en el territorio argentino como en el resto del mundo, siempre que esté disponible en el software RETScreen 4, por lo que resulta en una herramienta muy versátil para ampliar en futuras aplicaciones.

### 5. REFERENCIAS

[1] C. Navntoft y M. Cristófalo "Guía del Recurso Solar" 1° ed. revisada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Secretaría de Gobierno de Energía, 2019.

[2] H. Grossi Gallegos, "Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de radiación". *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, pp. 33-42 (1998).

[3] C. Raichijk y F. Taddei. "Atlas globales de radiación solar: Evaluación en la Pampa Húmeda Argentina". *Acta de la XL Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente* (ISBN 978-987-29873-0-5). Vol. 5, pp. 11.79-11.86, (2017).

[4] R. Righini y R. Aristegui "Metodología para el trazado de cartas solares de la Pampa Húmeda Argentina". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (ISSN 0329-5184) Vol. 4, pp. 11.105-11.112, (2017).

[5] "Introducción a la Generación Distribuida de Energías Renovables"  
<https://www.argentina.gob.ar/energia/generacion-distribuida>

[6] C. Navntoft, N. Biurrún, M. Cristófalo, S. Cuccorese, I. Defferrari y D. Raggio "Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica". 1° ed. revisada. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Gobierno de Energía, 2019.