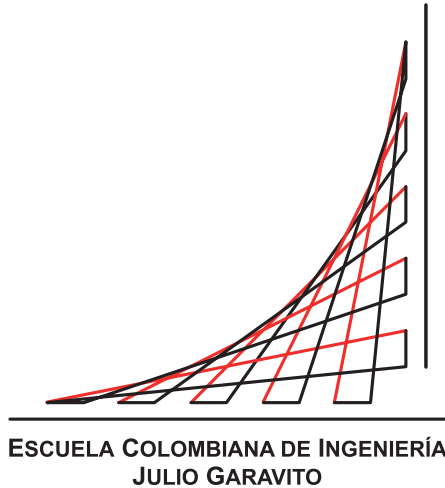


Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Maestría en Ingeniería Eléctrica



Diseño e implementación de un sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web

Autor:

Carlos Andrés Caviedes Rojas

Director:

Ing. Daniel José González Trisancho, MEng.

Bogotá D.C, Colombia

Agosto, 2022

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Maestría en Ingeniería Eléctrica

Diseño e implementación de un sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web.

Carlos Andrés Caviedes Rojas

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ingeniería Eléctrica

con énfasis en:

Recursos Energéticos

Modalidad: Produndización

Director:

Ing. Daniel José González Trisancho, MEng.

Grupo de Investigación:

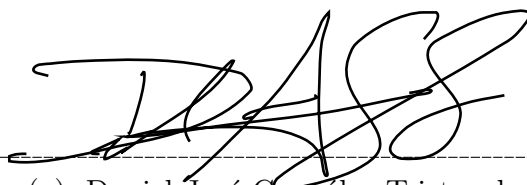
Modelación Estratégica de Energía y Potencia

Bogotá D.C, Colombia

2022, Agosto

Aceptación del Jurado

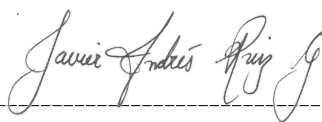
El Trabajo de grado de Maestría titulado **Diseño e implementación de un sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web.**, presentado por **Carlos Andrés Caviedes Rojas**, cumple con los requisitos establecidos por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito para optar al título de Magister en Ingeniería Eléctrica con énfasis en Recursos Energéticos.



Director(a): Daniel José González Trisancho, MEng.



Jurado: Wilson Eduardo Sotomonte Nieto, MEng.



Jurado: Javier Andrés Ruiz Garzón, MSc.

Bogotá D.C, Colombia
Agosto, 2022

Dedico este trabajo de grado a mi madre Irma Rojas, a mi hermana Viviana Caviedes, a Yulied Mateus, ya que con su motivación y constante apoyo permitieron el desarrollo de este proyecto.

Agradecimientos

Al director de este proyecto de grado, el ingeniero Daniel José González Trisancho, quién desde un comienzo aceptó asesorar la propuesta y desarrollo de esta tesis. De la misma forma, agradezco a todos los profesores y profesoras de las diferentes asignaturas y electivas de la maestría, ya que estos brindaron las herramientas y conocimientos necesarios para cumplir este sueño.

Resumen

En el siguiente trabajo se exponen los problemas a los que están expuestos los paneles solares fotovoltaicos instalados en el laboratorio de energía de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería. En este sitio los paneles están susceptibles a factores como pérdidas por polvo, heces de aves y sombras; estas se presentan cuando hay una capa de partículas o polución sobre la superficie de los paneles y causa una disminución de la corriente y voltaje entregado. También está la posibilidad que haya suciedades localizadas por heces de aves que dan lugar a un aumento de las pérdidas energéticas, lo cual puede llevar a formación de puntos calientes. Adicional, se encuentran las pérdidas de voltaje por alta temperatura debido al coeficiente beta dado por los diferentes fabricantes de paneles, junto a esto se pueden presentar pérdidas por sombreado en determinadas horas del día sobre la superficie de los paneles solares, que provocan pérdidas energéticas por la disminución de captación de irradiación solar.

Teniendo en cuenta las condiciones descritas, se propuso implementar un sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web, con el fin de hacer seguimiento al impacto en la producción energética y dejar un registro para el análisis futuro de la vida útil de los paneles. Para lograr el sistema planteado, se revisó las especificaciones técnicas dadas por los fabricantes de los sensores matriciales infrarrojo AMG8833 y MLX90640 y se seleccionó el más adecuado en cuanto a resolución, distancia de medida y precisión. Se hizo la selección de la cámara fotográfica oficial para Raspberry Pi de 8MP; se escogió la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 4 la cual cumplió con las características y requisitos necesarios en cuanto a Hardware, Software, periféricos, compatibilidad con los sensores ópticos e infrarrojos matriciales utilizados y la conectividad con la plataforma de acceso web ThingSpeak.

Lo anterior, se hizo con el objeto de monitorear los datos de temperatura para determinar la mejor distancia y el mejor ángulo entre el sensor térmico y la superficie del panel. Se trabajó con la plataforma de acceso web ThingSpeak, se hizo el análisis de los datos de temperatura capturados, pruebas de capacidad de envío, recepción, pérdidas y fidelidad de la información. Seguido, se diseñó e implementó un sistema de adquisición de datos(DAQ) de corriente y

temperatura. Finalmente, durante un periodo de 2 meses se implementó en el laboratorio de energía de la Escuela el sistema embebido de monitoreo térmico con acceso vía web, y se creó ambientes artificiales para simular efectos de sombras, polvo y heces de ave, con el fin de hacer seguimiento sobre las pérdidas de corriente en los paneles y de comportamiento de las imágenes térmicas capturadas.

Como resultado de este trabajo se obtuvo el desarrollo de un sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web con capacidad de almacenamiento de hasta 280.000 imágenes térmicas o hasta 56.000 imágenes fotográficas, fácil conexión a internet y con una portabilidad que permite ser llevado a cualquier sitio. Adicional, con la creación de los ambientes artificiales de polvo, heces de ave y sombras, se analizó el impacto sobre la producción energética, y se encontró que las pérdidas de corriente más significativas se dieron por efectos de sombras horizontal 76 % y vertical 36 %, al igual que pérdidas de corriente del 16 % y 20 % por polvo y depósito de heces de aves en la superficie de los paneles. Por último se observó que el principal deterioro de los paneles solares es por corrosión derivado de la humedad del sitio de instalación.

Abstract

The following work exposes the problems to which the photovoltaic solar panels installed in the Laboratorio de Energía de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito are exposed. At this site the panels are susceptible to factors such as losses due to dust, bird feces and shadows; these occur when there is a layer of particles or pollution on the surface of the panels and cause a decrease in the current and voltage delivered. There is also the possibility of localized fouling by bird droppings that results in increased energy losses, which can lead to the formation of hot spots. In addition, there are voltage losses due to high temperature due to the beta coefficient given by the different panel manufacturers, along with losses due to shading at certain times of the day on the surface of the solar panels, which cause energy losses due to the decrease in solar irradiation capture.

Taking into account the described conditions, it was proposed to implement an embedded thermal and photographic monitoring system with remote access via web, in order to track the impact on energy production and leave a record for future analysis of the useful life of the panels. To achieve the proposed system, the technical specifications given by the manufacturers of the infrared matrix sensors AMG8833 and MLX90640 were reviewed and the most appropriate one was selected in terms of resolution, measurement distance and accuracy. The selection of the official 8MP Raspberry Pi camera was made; the Raspberry Pi 4 development board was chosen, which met the necessary characteristics and requirements in terms of hardware, software, peripherals, compatibility with the optical and infrared matrix sensors used and connectivity with the ThingSpeak web access platform.

This was done in order to monitor the temperature data to determine the best distance and the best angle between the thermal sensor and the panel surface. We worked with the ThingSpeak web access platform, analyzed the captured temperature data, tested the sending capacity, reception, losses and fidelity of the information. Then, a data acquisition system (DAQ) of current and temperature was designed and implemented. Finally, during a period of 2 months, the embedded thermal monitoring system with web access was implemented in the Laboratorio de Energía de la Escuela, and artificial environments were created to simulate the effects of shadows, dust and bird feces, in order to follow up on the current losses in the

panels and the behavior of the captured thermal images.

As a result of this work, an embedded thermal and photographic monitoring system was developed with remote access via web with storage capacity of up to 280,000 thermal images or up to 56,000 photographic images, easy connection to the internet and portability that allows it to be taken anywhere. Additionally, with the creation of artificial environments of dust, bird feces and shadows, the impact on energy production was analyzed, and it was found that the most significant current losses were due to the effects of horizontal 76 % and vertical 36 % shadows, as well as current losses of 16 % and 20 % due to dust and bird feces deposited on the surface of the panels.

Contenido

Agradecimientos	III
Resumen	VII
Abstract	IX
Contenido	IX
Lista de figuras	XVI
Lista de tablas	XVII
Lista de símbolos	XIX
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.1. Antecedentes	3
1.1.2. Descripción del problema	4
1.1.3. Formulación del problema	6
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo general	7
1.2.2. Objetivos específicos	7
1.3. Estado del arte	8
1.4. Organización del documento	12
2. Marco teórico	13
2.1. Páneles solares	13
2.2. Normas, artículos, documentos y guías.	16
2.3. Caracterización de los páneles fotovoltaicos.	17
2.4. Pérdidas energéticas por causas de suciedad y puntos en caliente.	19
2.5. Análisis de las curvas características de los páneles	22
2.6. Termografía para instalaciones fotovoltaicas.	24
2.6.1. Seguimiento termográfico Fluke	26
2.7. Sensor de temperatura matricial infrarrojo	27
2.7.1. Sensor Amg8833	27

2.7.2.	Sensor Mlx90640	29
2.8.	Tarjeta de desarrollo y plataforma ThingSpeak	30
2.8.1.	Raspberry pi 4	30
2.8.2.	Plataforma IoT ThingSpeak	31
3.	Metodología	33
3.1.	Descripción de la metodología	33
3.1.1.	Cronograma de las etapas	36
3.2.	Caracterización de dispositivos	37
3.2.1.	Análisis del sensor Amg8833	37
3.2.2.	Área máxima de detección Amg8833	38
3.2.3.	Programación en Python para la Raspberry pi 4	40
3.2.4.	Análisis del sensor Mlx90640	43
3.2.5.	Protocolo de comunicación	44
3.2.6.	Área máxima de detección del sensor matricial Mlx90640	45
3.2.7.	Prueba con la plataforma IoT ThingSpeak	46
3.3.	Diseño del sistema embebido	47
3.3.1.	Programación sensor Mlx90640 32x24 en Python para la Raspberry pi 4	47
3.3.2.	Modelo versión inicial	52
3.3.3.	Modelo versión final	54
3.3.4.	Programación del sistema de adquisición de datos diseñado	58
4.	Casos de estudio	61
4.1.	Pruebas de distancia con los sensores matriciales infrarrojos	61
4.1.1.	Pruebas con el sensor Amg8833	62
4.1.2.	Pruebas con el sensor Mlx90640	63
4.2.	Prueba plataforma ThingSpeak	65
4.2.1.	Prueba de conexión y comunicación con el sitio web ThingSpeak . . .	65
4.3.	Sistema de adquisición de datos(DAQ) de corriente y temperatura	67
4.3.1.	Monitor de corriente ina219	67
4.3.2.	Sensor de temperatura PT100 y conversor Max31865	68
4.3.3.	Validación de datos del DAQ y del sistema embebido	70
4.3.4.	Validación del sistema embebido	74
4.3.5.	Componentes del sistema fotovoltaico off-grid utilizado	76
5.	Análisis de resultados	77
5.1.	Imágenes térmicas e impacto en la producción de corriente por efectos ambientales	77

<i>CONTENIDO</i>	XI
5.1.1. Impacto por polvo	78
5.1.2. Impacto por heces de ave	82
5.1.3. Impacto por sombras vertical	87
5.1.4. Impacto por sombras horizontal	91
5.1.5. Cuadro comparativo de pérdidas de corriente	95
6. Conclusiones	97
6.1. Conclusiones generales	97
6.2. Aportes	99
6.3. Trabajos futuros	100
Referencias	101
Anexos	104
7. Anexos	105
7.1. Anexo 1. Especificaciones Sensor matricial IR 32x24 MLX90640	106
7.2. Anexo 2. Especificaciones Panel Solar KC85TS	108
7.3. Anexo 3. Especificaciones tarjeta Raspberry pi 4	111
7.4. Anexo 4. Especificaciones Max31865	114
7.5. Anexo 5. Especificaciones ina219	117
7.6. Anexo 6. Histórico de datos	118
7.6.1. Datos de temperatura-validación sistema embebido	118
7.6.2. Prueba simulación polvo.	120
7.6.3. Prueba simulación heces de ave	124
7.6.4. Datos simulación sombras vertical	127
7.6.5. Prueba simulación sombras horizontal	136

Lista de Figuras

1.1.	Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia	3
1.2.	Gráfica tiempo vs potencia irradiancia y temperatura. (Modificado de:[11]) .	5
1.3.	Internet de las cosas: aplicación en monitoreo de un sistema de generación. (Modificado de [15])	8
1.4.	Esquema de un sistema de control supervisor. (Modificado de:[16])	9
1.5.	Esquema de la plataforma de servicios basada en IoT. Modificado de: [17] . .	10
1.6.	Pruebas de campo y supervisión del rendimiento de los paneles solares. (Mo- dificado de [18])	11
2.1.	Célula Solar fotovoltaica. Fuente: (Modificado de: [19])	13
2.2.	Módulo monocristalino. Fuente: elaboración propia.	14
2.3.	Módulo policristalino. Fuente: elaboración propia.	15
2.4.	Módulo amorfo. Fuente: elaboración propia	15
2.5.	Diagrama unifilar del sistema off grid. modificado de [14].	18
2.6.	Celda no irradiada o en fallo. (Modificado de: [28])	19
2.7.	Pérdidas energéticas por suciedad. [28]	20
2.8.	Pérdidas energéticas por sombras de vegetación. [28]	20
2.9.	Daños sobre la superficie de paneles. [28]	21
2.10.	Degradación inducida por tensión. [28]	21
2.11.	Curvas experimental de potencias y de simulación [28].	22
2.12.	Influencia de la temperatura sobre las curvas de funcionamiento [28]	23
2.13.	Corriente e irradiancia en los módulos monocristalinos [11]	23
2.14.	Corriente e irradiancia en los módulos monocristalinos [11]	24
2.15.	Captura térmica de panel luego de una tormenta[29].	25
2.16.	Delaminación [29].	25
2.17.	Captura térmica de panel luego de una tormenta [29].	26
2.18.	Captura de celda defectuosa [12]	26
2.19.	Sensor Amg8833. Fuente: Elaboración propia	27

2.20. Ángulo y matriz del sensor Amg8833. Fuente: elaboración propia	28
2.21. Sensor Mlx90640. Fuente: Elaboración propia	29
2.22. Tarjeta de desarrollo Raspberry Fuente: Anexo 3	30
3.1. Descripción de la metodología. Fuente: Elaboración propia	33
3.2. Etapas 1,2 y 3 metodología. Fuente: Elaboración propia	34
3.3. Etapas 4 y 5 metodología. Fuente: Elaboración propia	35
3.4. Circuito interno Amg8833. (Modificado de: [30])	37
3.5. Área de detección a 500cm. Fuente: Elaboración propia	39
3.6. Tamaño del pixel a 500cm. Fuente: Elaboración propia	40
3.7. Diagrama de flujo programación sensor Amg8833. Fuente: Elaboración propia.	42
3.8. Plano interno Mlx90640. Modificado de: [30]	43
3.9. Distancia máxima del sensor. Fuente: Elaboración propia	45
3.10. Prueba de datos ThingSpeak. Fuente: Elaboración propia	47
3.11. Diagrama de flujo programación Mlx90640. Fuente: Elaboración propia. . . .	48
3.12. Mapas de colores en Matplotlib. [35]))	50
3.13. Versión inicial del sistema de monitoreo térmico. Fuente: Elaboración propia.	52
3.14. Herramienta de configuración del software. Fuente: Elaboración propia. . . .	53
3.15. Pantalla touch 3.5 pulgadas. Fuente: Elaboración propia.	54
3.16. Prueba de pantalla resistiva. Fuente: Elaboración propia.	55
3.17. Cámara pi V2 de 8MPX. Fuente: Elaboración propia.	56
3.18. Modelo final del sistema embebido de monitoreo térmico. Fuente: Elaboración propia.	57
3.19. Interfaz de usuario del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.	57
3.20. Diagrama de flujo programación DAQ. Fuente: Elaboración propia.	58
4.1. Prueba módulo Kyocera. Fuente: elaboración propia	62
4.2. Detección a 10 y 50cm. Fuente: Elaboración propia	63
4.3. Detección de las esquinas. Fuente: Elaboración propia	64
4.4. Detección de la diagonal y esquina. Fuente: Elaboración propia	64
4.5. Conexión sistema embebido y ThingSpeak. Fuente: Elaboración propia. . . .	65
4.6. Módulo sensor de corriente y temperatura. Fuente: Elaboración propia	67
4.7. Conversor Max31865 y PT100. Fuente: Elaboración propia	68
4.8. Instrumentos para validación de datos. Fuente: Elaboración propia	70
4.9. Temperatura sistema embebido vs DAQ(noviembre). Fuente: Elaboración propia	74
4.10. Temperatura sistema embebido vs DAQ(7 de diciembre). Fuente: Elaboración propia	74

4.11. Temperatura sistema embebido vs DAQ(9 de diciembre). Fuente: Elaboración propia	75
5.1. Montaje en laboratorio-polvo. Fuente: Elaboración propia	78
5.2. Prueba de polvo vs temperatura 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia . . .	79
5.3. Captura térmica polvo. Fuente: Elaboración propia	79
5.4. Prueba de polvo vs irradiancia 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia	80
5.5. Captura térmica polvo 11 de diciembre 2021. Fuente: Elaboración propia . .	81
5.6. Prueba de polvo-temperatura 11-12-2021. Fuente: Elaboración propia	81
5.7. Prueba de polvo-irradiancia 11-12-2021. Fuente: Elaboración propia	82
5.8. Montaje en laboratorio-heces de ave. Fuente: Elaboración propia	83
5.9. Prueba de simulación heces de ave(temperatura) 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia	83
5.10. Captura térmica heces de ave 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia	84
5.11. Prueba de simulación heces de ave-irradiancia 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia	84
5.12. Prueba de simulación heces de ave 14-12-2021. Fuente: Elaboración propia .	85
5.13. Prueba de simulación heces de ave 14-12-2021. Fuente: Elaboración propia .	86
5.14. Captura térmica heces de ave 14-12-2021. Fuente: Elaboración propia	86
5.15. Montaje en laboratorio sombras vertical, 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia	87
5.16. Prueba de sombras vertical 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia	88
5.17. Captura térmica sombras vertical 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia . .	88
5.18. Captura térmica sombras vertical 7-12-2021. Fuente: Elaboración propia . . .	89
5.19. Prueba 7-12-2021. Fuente: Elaboración propia	90
5.20. Montaje en laboratorio-sombras horizontal. Fuente: Elaboración propia . . .	91
5.21. Conexión interna de tecnología Half-Cell [40].	92
5.22. Prueba de sombras horizontal 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia	92
5.23. Captura térmica sombras horizontal. Fuente: Elaboración propia	93
5.24. Prueba de sombras horizontal-irradiancia 6-12-2021. Fuente: Elaboración propia	93
5.25. Prueba de sombras horizontal-temperatura 6-12-2021. Fuente: Elaboración propia	94
5.26. Captura térmica sombra horizontal 06-12-2021. Fuente: Elaboración propia .	95
7.1. Datos noviembre y diciembre 2021	118
7.2. 20 de noviembre 2021	120
7.3. 11 de diciembre 2021	121
7.4. 11 de diciembre 2021	122
7.5. 20 de noviembre 2021	124

7.6. 14 de diciembre 2021	125
7.7. 27 de noviembre 2021	127
7.8. 27 de noviembre 2021	128
7.9. 27 de noviembre 2021	129
7.10. 27 de noviembre 2021	130
7.11. 27 de noviembre 2021	131
7.12. 27 de noviembre 2021	132
7.13. 7 de diciembre 2021	133
7.14. 7 de diciembre 2021	134
7.15. 27 de noviembre 2021	136
7.16. 27 de noviembre 2021	137
7.17. 27 de noviembre 2021	138
7.18. 27 de noviembre 2021	139
7.19. 27 de noviembre 2021	140
7.20. 27 de noviembre 2021	141
7.21. 27 de noviembre 2021	142
7.22. 6 de diciembre 2021	143

Lista de tablas

1.1. Especificaciones cámaras termográficas. Modificado de [12]	6
2.1. Especificaciones técnicas paneles P=87Wp. (Ver anexo 2)	18
2.2. Parámetros del sensor Amg8833. (Modificado de: [30])	28
2.3. Parámetros del sensor Mlx90640. (Modificado de: [30])	29
3.1. Cronograma de las etapas. Fuente: Elaboración propia	36
3.2. Características del sensor Amg8833. (Modificado de: [30])	38
3.3. Características del sensor Mlx90640. (Modificado de anexo 1)	44
3.4. Cálculo del área máxima de detección. Fuente: Elaboración propia	46
3.5. Características principales de la pantalla. Fuente: Elaboración propia	54
3.6. Características principales de la cámara. Fuente: Elaboración propia	55
4.1. API Keys de escritura en ThingSpeak. Fuente: Elaboración propia	66
4.2. Prueba transmisión datos ThingSpeak 9-7-2021 y 23-7-2021. Fuente: Elaboración propia.	66
4.3. Características del sensor ina219. Fuente: Elaboración propia	67
4.4. Características del módulo RTD PT100 MAX31865. Fuente: Anexo 4	70
4.5. I(ina219) vs Fluke 325, t(PT100) vs Pistola Testrite, 2/02/2021. Fuente: Elaboración propia.	71
4.6. Corrientes ina219 vs pinza amperimétrica, 16/10/2021. Fuente: Elaboración propia.	72
4.7. Temperatura PT100 vs pistola térmica, 16-10-2021. Fuente: Elaboración propia.	73
4.8. Validación porcentual. Fuente: Elaboración propia	73
4.9. Validación sistema embebido. Fuente: Elaboración propia	75
5.1. Comparativo pérdidas de corriente. Fuente: Elaboración propia	95

Lista de abreviaturas

Entidades:

IRENA. International Renewable Energy Agency.

IFC. Operation and Maintenance

Leyes, Decretos y Resoluciones

LEY 1715-2014. Regula la integración de las energías renovables no convencionales.

CREG 243 de 2016. el Artículo 4: Mecanismos de verificación de las plantas solares F.V.

PCT-C-REV julio 2011. Contrato de mantenimiento preventivo y correctivo F.V.

Software y plataforma

MATLAB. Plataforma de programación y cálculo numérico

THINGSPEAK. Plataforma de análisis de IoT flujos de datos en directo en la nube

PYTHON. Lenguaje de programación dirigida a objetos.

RASPBERRY PI 4. Ordenador de placa simple

Capítulo 1

Introducción

La capacidad instalada de sistemas solares fotovoltaicos en todo el mundo fue superior a 137 GW para el año 2014 y aproximadamente 177 GW en el año 2015. En el año 2016 la capacidad fue de 306 GW; 409 GW para el 2017; en el 2018 fue de 512 GW y 627 GW en el año 2019 [1]. De esta forma, la energía solar fotovoltaica (FV) se ha convertido en una importante opción de suministro de energía, la mayor disminución de costos en el período 2010 a 2019 fue de un 82 % [2]. Por consiguiente, la energía solar ha mejorado su competitividad en cuanto a precios y accesibilidad. En consecuencia a la reducción de precios de los paneles solares, se tiene que en Colombia la utilización de la energía solar fotovoltaica tuvo un potencial energético instalado entre los años 1985 y 2015 de la siguiente forma: desde 1985 hasta 1994 2,05 MWp; en el año 2010 una potencia instalada de 9 MWp, y del 2014 al 2015, hubo un potencial de paneles solares instalados de 12,6MW [3], para el año 2020 la capacidad instalada en el país fue de 51,15MW [4].

Colombia se encuentra situado entre los países con mayor disponibilidad energético, ya que su ubicación geográfica está sobre la zona ecuatorial, por lo tanto los rayos solares caen más directamente que en las latitudes medias [5]. El potencial solar en Colombia varía entre el 84 % ($5,71 \text{ kWh}/m^2$) en La Guajira y el 58 % ($3,94 \text{ kWh}/m^2$) en la Costa Pacífica del valor promedio anual máximo en el mundo ($6,8 \text{ kWh}/m^2$ en Arabia Saudita). De lo anterior, se concluye que el país dispone del recurso solar de manera abundante durante todo el año. Para el caso de Bogotá las horas de brillo de irradiación global media recibida en superficie es de $4037,7 \text{ Wh}/m^2$ en promedio anual y su irradiación está entre $4 \text{ KWh}/m^2$ y $4,5 \text{ KWh}/m^2$ lo que significa que sus horas de brillo solar son mayores a 4 horas [6].

El sistema a estudiar se encuentra ubicado en el laboratorio de energía de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Para el caso de este estudio, es un sistema aislado de red (off grid) con dos paneles policristalinos de 87 Wp conectados en paralelo y dispone de un banco de baterías de descarga profunda de 12 voltios y 105 Amperios hora; un regulador con capacidad de 12/24 V a 30 A, un barraje CD para cargas de 180W y un inversor de CD/AC con una potencia de 1000W. Es relevante tener en cuenta que cerca de

las instalaciones descritas hay un afluente vehicular muy alto, y expone a la superficie de los paneles a polvo, adicional de los heces de las aves.

Es preciso tener en cuenta que para extraer la máxima potencia de un panel fotovoltaico es importante considerar su comportamiento en diferentes condiciones de radiación solar. Normalmente, esto se logra analizando las curvas características de corriente versus voltaje y de voltaje versus temperatura bajo distintas condiciones atmosféricas. La mejor condición es en el punto de máxima potencia, es decir, que el sistema fotovoltaico siempre proporcione la máxima potencia que pueda producir. De la misma forma, hay que tener en cuenta otros parámetros como por ejemplo los efectos del sombreado del panel, posibles objetos sobre la superficie, la polución, las lluvias y los vientos.

Además, la producción de energía eléctrica en los paneles se ve afectada por factores como la humedad, ciclos térmicos, radiación ultravioleta, humedad y polvo, estas causas conducen a la degradación de los paneles llevando a efectos como la corrosión, decoloración, delaminación y rotura [7]. El polvo depositado en la cubierta de cristal de un módulo fotovoltaico, disminuye la irradiancia a absorber, ya que la intensidad que llega a los módulos tiende a disminuir a medida que la cantidad de polvo depositada en la superficie del módulo aumenta [8].

Por otro lado, si las células de los módulos se tornan más calientes como consecuencia del sombreado o defectos en los puntos de conexión; ocurre que la célula genera menos corriente que el resto de las células conectadas en serie y subcadenas. Por lo tanto, estas células alcanzan temperaturas superiores a las que presentan el resto de células del módulo. Es decir, la celda está por fuera de su área de trabajo, disminuye la generación de energía y decrece la absorción de radiación. Esto significa que no se encuentra en su punto de trabajo y la potencia se reduce en un 0,5 % por Kelvin. Los paneles solares son elementos donde integran un gran número de celdas semiconductoras, el calentamiento generado en una celda defectuosa puede dar lugar al deterioro de las celdas vecinas.

En el mercado se encuentran dispositivos de monitoreo térmico similares al planteado en este proyecto; por ejemplo, la cámara termográfica Fluke captura simultáneamente una imagen térmica totalmente radiométrica junto con una imagen de luz visible superponiéndolas píxel a píxel con diferentes grados de fundido. La imagen que muestra son las temperaturas de la superficie de los paneles fotovoltaicos, a través de una paleta de colores donde cada color representa diferentes temperaturas al igual que una fotografía digital para identificar los elementos registrados [9]. El diseño, desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo térmico, se realizó por medio de un registro de datos de temperaturas que se tomaron por medio del sensor térmico infrarrojo Mlx90640 y el DAQ(Data Acquisition System) desarrollado para este trabajo de grado. Los registros fotográficos de la superficie de los sistemas fotovoltaicos mencionados se almacenaron en la memoria del sistema embebido o tarjeta de desarrollo, el cual puede enviar la información de temperaturas a la plataforma ThingSpeak

o como en este caso realizar por medio de Matlab los análisis de los datos obtenidos de temperaturas, corrientes e imágenes térmicas.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Antecedentes

La vida útil de los paneles se ve afectada por la polución específica de su lugar de instalación, es decir, puede haber daños en la estructura del panel debido a puntos calientes en su superficie. La marca Kyocera estima 5 años de garantía del producto, 10 años garantía de rendimiento respecto a una prestación del 90 % y 25 años garantía de rendimiento respecto a una prestación del 80 % para los paneles policristalinos de 87 Wp que pertenecen al sistema off grid de la Escuela, el cual es objeto de este estudio para el desarrollo de este proyecto (ver anexo 2).

Los paneles solares están expuestos factores como polución, heces de aves y sombras que inciden sobre su producción energética. En la figura 1.1 se encuentra el árbol de problemas con las causas, problemas y efectos de las condiciones ambientales mencionadas arriba.

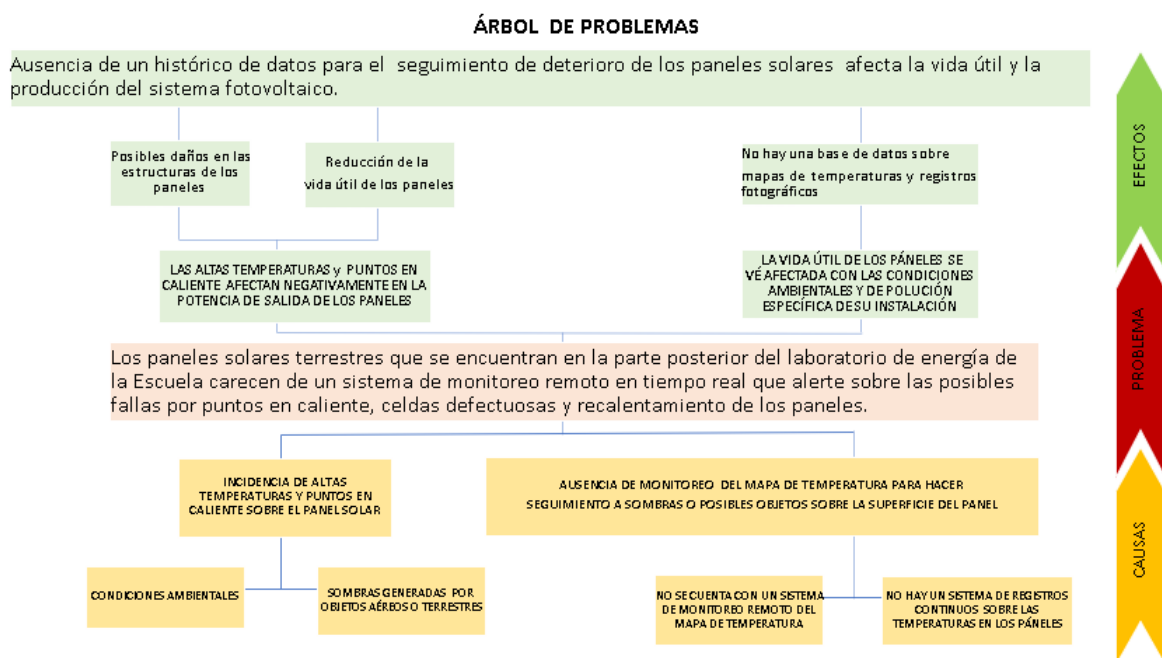


Figura 1.1: Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia

Del anterior árbol se tienen las causas, problemas y efectos que tienen las condiciones ambientales y sombras generadas por objetos aéreos o terrestres sobre la superficie de los

páneles. De la misma forma, describe la ausencia de un sistema de monitoreo térmico para hacer seguimiento a posibles objetos sobre su superficie que afecten la capacidad de generación de potencia de los páneles según los coeficientes alfa, beta y gamma. Donde alpha α expresa la variación de la corriente de cortocircuito con la temperatura, la variación del voltaje de circuito abierto β y la variación de la potencia máxima γ .

En consecuencia, en relación con las pérdidas energéticas es importante contar con un sistema de monitoreo en tiempo real que tome un registro continuo de temperaturas. El fin es realizar el seguimiento de los mapas térmicos, con miras de alcanzar el tiempo máximo de garantía de 25 años, supervisar el rendimiento del sistema, establecer factores de desempeño a lo largo de su tiempo de uso, y de esta forma evitar la reducción de su vida útil al igual que la calidad en la producción de potencia del sistema fotovoltaico.

1.1.2. Descripción del problema

Existen factores de pérdidas energéticas para los módulos fotovoltaicos que hay que tener en cuenta para evaluar los rendimientos de los equipos. Dentro de las causantes que tienen mayor relevancia en el desarrollo de este proyecto se encuentran [10]:

Primero, pérdidas por polvo y suciedad: es el caso cuando hay una capa de polvo o polución sobre la superficie del panel y causa una disminución de la corriente y voltaje entregados. También está la posibilidad que haya suciedades localizadas que dan lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch (un desbalanceo de corriente y voltaje entre las celdas), lo cual puede llevar a formación de puntos calientes.

Segundo, las pérdidas de potencia por temperatura: son las pérdidas de potencia del orden de un 4% por cada 10 °C de aumento de su temperatura de operación (este porcentaje varía ligeramente en función de cada tecnología y fabricante).

Tercero, las pérdidas por sombreado: son debidas a la presencia de sombras en determinadas horas del día sobre la superficie de los páneles solares, que provocan pérdidas energéticas por la disminución de captación de irradiación solar.

Adicional a los páneles policristalinos donde se desarrolló este proyecto, la Escuela también cuenta con un sistema de páneles monocristalinos en iguales condiciones ambientales y ubicación geográfica. En la figura 1.2 se muestra el estudio del impacto de la irradiancia y la temperatura en los módulos de silicio monocristalino ubicados en las instalaciones del laboratorio de energía de la Escuela. El siguiente estudio se hizo teniendo en cuenta las anteriores características técnicas descritas, en el cual se obtuvo la siguiente gráfica de tiempo versus potencia, irradiancia y temperatura en los módulos.

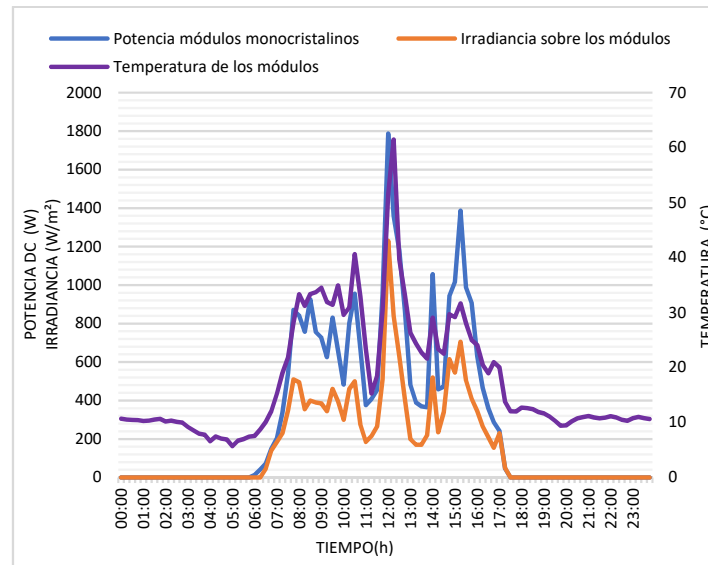


Figura 1.2: Gráfica tiempo vs potencia irradiación y temperatura. (Modificado de:[11])

En el anterior gráfico se puede ver que antes de las 6:00 a.m y después de las 6:00 p.m, a irradiación igual a cero la temperatura de los módulos tiene valores cercanos a 10°C . Entre las 8:00 a.m y las 4:30 p.m se puede ver que a incrementos de irradiación hay incremento en la temperaturas del módulo e igual en su potencia de salida. El punto de potencia máxima se logró a las 12:00 p.m donde la irradiación tuvo valores de $1200\text{W}/\text{m}^2$ la producción de los módulos con una potencia de 1800W a una temperatura de 60°C sobre la superficie de los módulos. Adicional, hubo pérdidas energéticas que existen por temperaturas en los módulos, ya que a picos incrementales de temperatura disminuye la tensión y viceversa.

Si se observa, entre las 8:00 y las 9:00 am hubo una irradiación promedio de $400\text{W}/\text{m}^2$; con una temperatura en los módulos de 33 y 37°C , respectivamente. La potencia a las ocho de la mañana fue de 800W y a las nueve, de 700W , lo que significó que con el aumento de la temperatura en los módulos hubiera una disminución en la potencia de los paneles monocristalinos [11]. Cerca de la 1:00 p.m hubo una disminución de la irradiación a $200\text{W}/\text{m}^2$, una caída de temperatura a 20°C y una salida de potencia de $200\text{W}/\text{m}^2$. entre las 3:00 p.m y las 4:00 p.m el incremento de irradiación fue proporcional al incremento de temperatura y potencia del módulo. Con base en lo anteriormente expuesto y para tener mayor precisión de los de los factores que influyen en los comportamientos descritos, nace la necesidad del sistema de monitoreo remoto en tiempo real que registre sobre las posibles fallas causadas por: pérdidas por polvo, contaminación, temperatura y sombreado.

1.1.3. Formulación del problema

Para iniciar con la formulación del problema, es necesario describir las cámaras termográficas que se encuentran en el mercado (ver tabla 1.1), las cuales tienen las siguientes referencias, prestaciones y precios [12]:

Tabla 1.1: Especificaciones cámaras termográficas. Modificado de [12]

Referencia	Características	precio
Fluke Pti120	resolución 120 x 90 píxeles, rango -20 °C a 150 °C	\$6.582.990
Fluke Tis 10	resolución 80 x 60 píxeles, rango -20 °C a +250 °C	\$9.000.000
Testo 872	resolución 320x240 píxeles, rango -30 °C a +650 °C	\$12.407.000
Testo 885	resolución de 640x480 píxeles, rango -30 °C a +650 °C	\$27.546.200

Debido a los altos costos de las cámaras térmicas descritas, y a la ausencia de conectividad remota, se planteó diseñar e implementar el sistema de monitoreo térmico de bajo costo en comparación con las cámaras descritas en el anterior párrafo. Contar con un seguimiento térmico y fotográfico de las superficies de los paneles y dejar un registro de datos para futuros análisis de impacto en la vida útil de estos. Para este desarrollo se utilizó el sistema aislado de la red (off grid) del laboratorio de energía de la Escuela, ya que cuentan con instrumentos de medición vatímetros, voltímetros, amperímetros y la licencia de software Matlab(Matrix Laboratory) usado en los análisis de los resultados del capítulo 5 [13].

Los paneles instalados en el laboratorio de energía de la Escuela tienen la siguiente característica: el sistema fotovoltaico cuenta con las configuraciones empleadas para autoconsumo dentro de la red eléctrica y suplencia en zonas no interconectadas. Adicionalmente, se utilizan los tres tipos de tecnologías fotovoltaicas más usadas: paneles monocristalinos, policristalinos y amorfos [14]. En este caso de estudio, se utilizó el sistema aislado de la red (off grid) de la Escuela por facilidad de acceso para realizar mediciones en sus terminales de salida y comodidad de desplazamiento del módulo de un punto a otro; con el fin de capturar las imágenes térmicas con el sistema de monitoreo remoto.

Con base en el diseño del sistema de monitoreo térmico planteado, en conjunto con los recursos mencionados, podrían complementarse para asegurar una mayor durabilidad de los paneles, al igual que su producción. De esta forma, y teniendo en cuenta los antecedentes y la descripción planteada con anterioridad, surge la siguiente pregunta: ¿cuál será el impacto en la producción energética de los módulos fotovoltaicos aislados de la red, debido a los efectos térmicos, heces de ave, polución y su afectación en la vida útil?.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Implementar un sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto, para los paneles solares fotovoltaicos ubicados en el laboratorio de energía, con el fin de hacer seguimiento al impacto en la producción energética y dejar un registro para análisis futuro de la vida útil.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Primero

Caracterizar los dispositivos electrónicos para el proyecto como son: sensor infrarrojo matricial, tarjeta de desarrollo Raspberry pi, cámara pi V2 de 8mpx con tecnología Sony IMX219 de resolución 3280x2464, al igual que la plataforma ThingSpeak.

2. Segundo

Diseñar el sistema embebido teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas, espacio, ubicación, distancia entre el sensor y los paneles solares; conectividad al punto de acceso de internet y almacenamiento de los datos de temperatura y registros fotográficos.

3. Tercero

Implementar el sistema de monitoreo térmico en la superficie del panel solar, teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas, frecuencia de toma de datos y los parámetros funcionales propuestos por la “Operation and Maintenance” de la (IFC) y la guía práctica “Termografía para instalaciones fotovoltaicas Testo Solar”.

4. Cuarto

Crear un registro de los datos de temperatura para un histórico de dos meses tomado entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m, atendiendo las guías termográficas de testo solar y fluke, para hacer seguimiento remoto de deterioro de los paneles en la plataforma ThingSpeak.

5. Quinto

Analizar el impacto del polvo y polución depositado en la cubierta de cristal de un módulo fotovoltaico durante un tiempo de dos meses, versus los datos experimentales; y su afectación en la producción energética. Adicional, dejar el registro de datos para futuros análisis de impacto en la vida útil.

1.3. Estado del arte

A continuación, se presentan cuatro proyectos desarrollados que tienen características similares en cuanto a su aplicación:

a. El primer proyecto de la figura **1.3**, es denominado “Internet de las cosas”, que consta de la interconexión de un sistema de generación fotovoltaico para su monitoreo desde la nube, este fue desarrollado durante el año 2015 en la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTECH), del Perú. Su objetivo fue el diseño e implementación de un sistema electrónico de bajo costo que permitiera el monitoreo vía internet del voltaje producido por un panel solar. Este proyecto trata del diseño de un sistema electrónico embebido que se adapta a la salida de producción de voltaje del panel y que es capaz de enviar esta información a un sitio web para su monitoreo desde cualquier punto con acceso [15]. Todo el sistema de monitoreo del panel se diseñó en cuatro etapas:

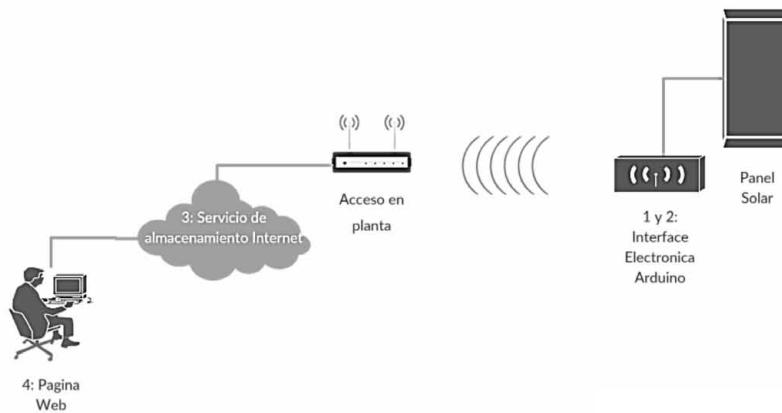


Figura **1.3**: Internet de las cosas: aplicación en monitoreo de un sistema de generación. (Modificado de [15])

I. Adquisición de datos de producción del voltaje del panel II. Interface de procesamiento y conexión a internet III. Plataforma informática en internet, para la colección de estos datos IV. Sitio web para la presentación de los datos.

b. El segundo proyecto es un sistema de control supervisor de clientes con acceso remoto para sistemas solares fotovoltaicos. Este utiliza un Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) por sus siglas en inglés, el cuál aplica una estrategia de control que vigila los procesos de la planta a través de una serie de computadores, equipos electrónicos, sensores y actuadores interconectados, que permiten mantener las condiciones necesarias para que no ocurra ninguna perturbación en los procesos de la misma [16]. La figura **1.4** representa el sistema en mención.

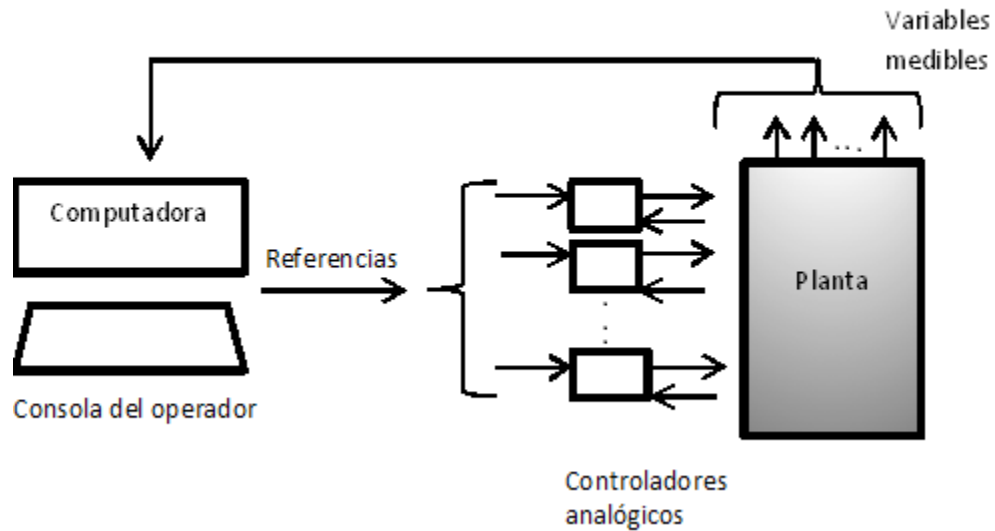


Figura 1.4: Esquema de un sistema de control supervisor. (Modificado de:[16])

El sistema propuesto tiene dos partes, el cliente y el servidor, las cuales se interconectan por medio de la Red de datos. El sistema cliente ejerce el control supervisor del Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFVA), para administrar la energía consumida por los usuarios. El sistema servidor monitorea las variables y controla las funciones de los sistemas clientes a través de la red de datos, el módulo de medición, formado por sensores de corriente, adaptadores de señal y Convertidores Análogo/Digital (CAD), que toman los datos de corriente total consumida por el usuario final.

Por medio del Sistema electrónico de Trasmisión y Recepción de datos, Tx/Rx, se envía y recibe información entre los Clientes y el Servidor. Igualmente, se toma la entrada del sistema solar autónomo a partir de la conexión del regulador de carga y el sistema de seguridad del controlador supervisor para poder protegerlo. También, cuenta con un sensor de corriente totalizador para el sistema de carga, de forma que, por medio de un CAD y una lógica especial de conexión, se pueda saber el exceso de corriente en cada conexión para cada una de las cargas.

El tercer proyecto de la figura 1.5, es denominado “Plataforma de servicios basada en IoT para el monitoreo y control de un sistema de generación fotovoltaica (FV) integrado con vegetación”, consiste en la integración de paneles FV y vegetación sobre terrazas de edificaciones, con lo cual se busca favorecer la generación de energía eléctrica y la climatización pasiva. Este proyecto es el diseño de una plataforma de servicios basada en internet de las cosas para el monitoreo y control remoto en tiempo real de un sistema Green Building Integrated Photovoltaics (GRIPV) [17].

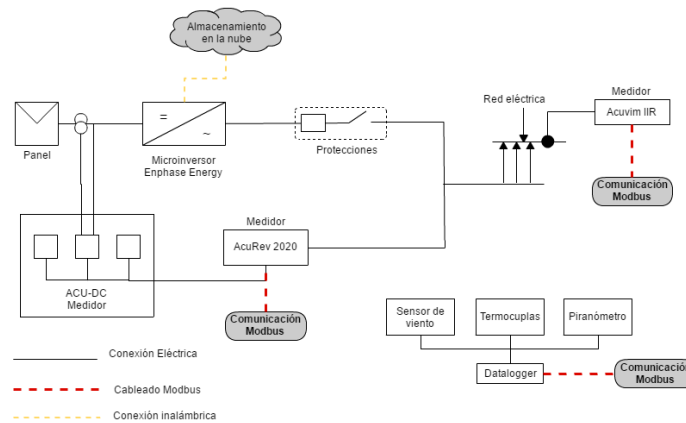


Figura 1.5: Esquema de la plataforma de servicios basada en IoT. Modificado de: [17]

El esquema de la anterior figura tiene cuatro módulos, el primero hace referencia a la parte de medición de la irradiancia, el segundo a los sensores de variables ambientales, el tercero se relaciona con la monitorización de la vegetación y sus componentes y el cuarto hace referencia a los paneles FV instalados. Este proyecto integra 4 herramientas para manejo y monitoreo de datos en la web que son: internet de las cosas (IoT), sistemas y protocolo de comunicación, aplicativos web y computación en la nube. El desarrollo de este proyecto está organizado en tres etapas:

I. Arquitectura de la plataforma: Consiste en definir las reglas y principios de estructuración de cada uno de los elementos. II. Adquisición centralizada de datos: Se centra en tres clases de dispositivos, dispositivos que usan el protocolo Modbus, los que envían la información directamente a un sistema en la nube y los que tienen un software único para la descarga de datos. III. Desarrollo de una aplicación Web: Su objeto es el análisis y la visualización del comportamiento del sistema GRIPV a partir de un conjunto de indicadores e información de la base de datos.

Con base en los tres proyectos descritos anteriormente, es relevante considerar para el desarrollo de este estudio los siguientes factores: i) la distancia entre el sistema de transmisión y recepción de datos, entre el conjunto tarjeta de desarrollo sensor y el sistema embebido al que va a recibir y subir los datos a la web y ii); la cantidad de datos a transmitir. De igual forma, para la interpretación de los datos a capturar con el sensor infrarrojo matricial, hay que tener en cuenta la importancia de los coeficientes alfa, beta y gama en el análisis de los mapas de temperatura que se van a analizar, cabe destacar, que α , β y γ , describen la variación en los niveles de corriente, tensión y potencia por cada grado $^{\circ}\text{C}$.

Una vez analizado los tres proyectos descritos arriba junto con los factores a tener en cuenta y los coeficientes de temperatura, se muestra el cuarto proyecto que es un sistema de vigilancia de bajo costo para obtener información térmica de los paneles solares para

su oportuna reparación y mantenimiento. El diseño, desarrollo y trabajo de un sistema de vigilancia del rendimiento de paneles solares, distribuidos junto con el registro automatizado de datos basado en una red de sensores inalámbricos de bajo costo, puede utilizarse para paneles solares hasta 146 voltios y un sistema de células solares de hasta 15 amperios; ya que esos son los límites máximos de medición de voltaje y corriente de los sensores del sistema DAQ diseñado [18].

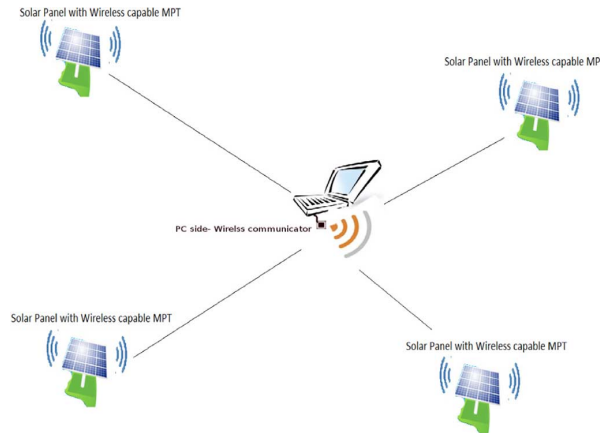


Figura 1.6: Pruebas de campo y supervisión del rendimiento de los paneles solares. (Modificado de [18])

En la figura 1.6, los datos son capturados por el microcontrolador y se envía de forma inalámbrica al módulo receptor usando la comunicación de Zigbee. Cada módulo esclavo tiene su propia identificación. La comunicación entre el módulo receptor y el ordenador se hace a través de un cable USB. Los datos se guardan en una base de datos para su posterior procesamiento. Las tres principales áreas de consideración son: la fiabilidad de la comunicación de radiofrecuencia (RF), pruebas de los sensores y los resultados obtenidos que según el proyecto fueron satisfactorios. El rango alcanzado por el Xbee es suficiente para aplicación doméstica normal, si se requiere un rango más alto, el Xbee puede ser simplemente reemplazado por Xbee-Pro sin cambiar ningún circuitos electrónico. Los datos de seguimiento del punto de máxima potencia se registran automáticamente en el equipo de cómputo. Cada módulo esclavo tiene su propia carpeta y todos los datos registrados se guardan dentro de esta carpeta, la siguiente figura muestra la conexión entre los paneles, el sistema de comunicación inalámbrica Xbee y por último la conexión al computador.

Con base en los cuatro proyectos descritos con anterioridad, se planteó el estudio de este proyecto teniendo en cuenta la integración de la: tarjeta de desarrollo raspberry pi 4, la comunicación inalámbrica wifi, el sensor matricial infrarrojo y la DAQ diseñada para el sistema embebido de monitoreo térmico.

1.4. Organización del documento

En el capítulo 2 se encuentra el marco teórico que se compone por los conceptos básicos necesarios sobre los diferentes tipos de paneles solares más comerciales que se encuentran en el mercado, acerca de las normas, artículos, documentos y guías involucradas en el desarrollo de este proyecto; las pérdidas energéticas por causas de suciedad y puntos en caliente en los paneles solares descritos en un comienzo; la termografía para instalaciones fotovoltaicas y del sensor matricial infrarrojo Mlx90640 articulado con la tarjeta de desarrollo raspberry pi4 y la plataforma ThingSpeak.

En el capítulo 3 el lector se encuentra con la metodología de este trabajo de grado. La metodología se compone por 5 fases. Primero, se revisó las especificaciones técnicas dadas por los fabricantes en cuanto a los sensores matriciales infrarrojo Amg8833 y Mlx90640. Segundo, se seleccionó la mejor distancia y el mejor ángulo para capturar los datos de temperatura y los registros fotográficos. Tercero, se usaron instrumentos de medición de temperatura externos al sensor infrarrojo matricial, para evaluar la veracidad de los datos de temperatura medidos. Cuarto, se evaluó el sistema embebido, se hicieron los ajustes necesarios en cuanto a la programación de la tarjeta de desarrollo. Quinto, se revisó la programación en python de los sensores Amg8833 y Mlx90640 con el fin de trabajar la articulación de la tarjeta de desarrollo raspberry pi4 con la cámara fotográfica, el sensor matricial infrarrojo 32x24 y la prueba con la plataforma IoT ThingSpeak. Para finalizar este capítulo, el lector encuentra la versión inicial y la versión final del sistema de monitoreo térmico.

En el capítulo 4 se estudió el sensor matricial y la plataforma ThingSpeak, se hizo las pruebas de distancia con los sensores Amg8833 y Mlx90640, se realizaron los cálculos de distancias y áreas que se podían capturar, la definición de la imagen, la frecuencia de muestreo y la articulación con la plataforma IoT ThingSpeak. Adicional, también se puede ver un apartado donde se estudia la autonomía del dispositivo, el módulo de adquisición de datos DAQ de corriente y temperatura capturados.

En el capítulo 5 están los análisis de los resultados de las pruebas realizadas en campo, donde se creó ambientes artificiales que simulaban sobre la superficie de los paneles factores como polución, sombras, polvo y heces de ave. Los datos de corrientes, temperatura e irradiación obtenidos, permitió hacer una estimación de los efectos causados por los factores anteriormente mencionados, sobre la producción energética de los paneles.

Finalmente, en el capítulo 6 se encuentra el compendio de las conclusiones, aportes y trabajos futuros, derivado de los resultados de este trabajo de grado.

Capítulo 2

Marco teórico

En este capítulo se encuentran los componentes teóricos de los paneles solares monocristalinos, policristalinos y amorfos, al igual que las normas, documentos y guías utilizadas para el desarrollo de este trabajo. La caracterización de los paneles fotovoltaicos con las principales causas de pérdidas energéticas por factores ambientales, las termografías utilizadas para hacer seguimiento a la superficie de los paneles; las referencias y características propias de los sensores, tarjeta de desarrollo y plataforma ThingSpeak involucradas en el diseño e implementación del sistema embebido.

2.1. Paneles solares

En Colombia, el mayor potencial de irradiación solar se encuentra en las regiones de la Costa Atlántica, la Orinoquía y la región central. En los paneles solares se señala que “La energía fotovoltaica es la energía eléctrica obtenida a través de los fotones procedentes de la luz solar mediante células fotovoltaicas” [19]. Ver figura 2.1.

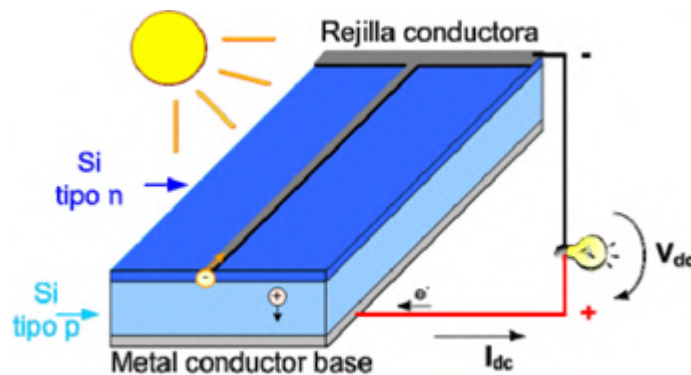


Figura 2.1: Célula Solar fotovoltaica. Fuente: (Modificado de: [19])

Para el caso de estudio, la Escuela cuenta con un sistema aislado de la red (off grid) con

dos páneles de 87 Wp conectados en paralelo; dispone de un banco de baterías de descarga profunda de 12 V y 105 A-h. Adicional, cuenta con un regulador y un inversor de 1000 W. Por otro lado, tiene un sistema on grid que soporta 4024 Wp; 18 páneles entre policristalinos, monocristalinos y amorfos (los dos últimos cuentan con un inversor de dos MPPT de una capacidad de 3000 W). Los policristalinos tienen dos microinversores de 250 W por unidad [19].

Para describir los páneles instalados que se especifican en el anterior párrafo, es necesario hacer una descripción de la construcción y las particularidades de las láminas con materiales monocristalinos, policristalinos y amorfos:

Los páneles monocristalinos(m-Si) de la figura **2.2**: están compuestos por un único cristal, caracterizado por una disposición ordenada y periódica, de forma que solo tiene una orientación cristalina, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Es fabricado como un semiconductor intrínseco que puede estar hecho de silicio puro o ser dopado con otros elementos tales como boro o fósforo para producir elementos del tipo n   tipo p [20]. Presenta un color azulado oscuro, con un cierto brillo met lico y alcanza rendimientos del 15 % al 21 % [21].



Figura **2.2**: Módulo monocristalino. Fuente: elaboración propia.

Páneles Policristalinos(p-Si) de la figura **2.3**: se basan en secciones de una barra de silicio que se estructura desordenadamente en forma de pequeños cristales, como una capa de 10 a 30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1 milímetro. Su costo de fabricación es inferior a los monocristalinos y su eficiencia es del orden del 16 %.



Figura 2.3: Módulo policristalino. Fuente: elaboración propia.

Silicio amorfo de la figura 2.4: Compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, que presenta un color marrón y gris oscuro. Su costo por vatio-pico de módulo es inferior al del Silicio policristalino, pero su costo de instalación es superior puesto al del policristalino ya se debe montar más módulos y en su defecto necesita más superficie. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y su fabricación es más simple y de menor costo, aunque alcanza rendimientos de laboratorio del 16 % y un rendimiento directo menor al 10 %. También se encuentran otras tecnologías como las que usan otros materiales semiconductores, como por ejemplo CdTe y CGIS que son complejas de fabricar y muy costosas, ya que el Cd (Cadmio) y el Te (Telurio) son elementos escasos en la corteza terrestre. Para el caso del CGIS (CuGaInSe_2) Cu= Cobre Ga= Galio In= Indio Se=Selenio los elementos químicos que utiliza son muy escasos (principalmente el In y Se). En cuanto a eficiencia, los módulos de CdTe y CGIS tienen una eficiencia del 18,6 % y 19,2 % respectivamente [22].



Figura 2.4: Módulo amorfo. Fuente: elaboración propia

2.2. Normas, artículos, documentos y guías.

Las normas que se van a tener en cuenta para llevar a cabo este estudio y que tienen relevancia en cuanto al monitoreo térmico y los sistemas fotovoltaicos, se encuentran:

Primero, en la guía IFC de desarrollo de proyectos para plantas de energía solar fotovoltaica a escala, dice que para optimizar el rendimiento del sistema, es necesario asegurar que los componentes de la planta funcionen eficientemente en toda su vida útil. La vigilancia continua de la energía fotovoltaica es esencial para maximizar la disponibilidad y el rendimiento de los sistemas. Establecer el estado general del sistema y programar actividades urgentes de reparación o mantenimiento tales como la limpieza [23].

En Colombia:

Segundo, la LEY 1715 DE 2014, en el artículo 2 establece que entre sus finalidades está: el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. También está, estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables y demás mecanismos que estimulen desarrollo de tales fuentes en Colombia [24].

Tercero, en la Resolución CREG 243 de 2016 el Artículo 4 dice que: Los mecanismos de verificación de los parámetros para la estimación de las plantas solares fotovoltaicas serán los siguientes: para la constante por pérdidas de un sistema solar fotovoltaico K_c y la constante por inclinación K_{inc} y las constantes de la ecuación correspondiente a las pérdidas por temperatura ambiente, la auditoría deberá ser clara y sin ambigüedades al indicar los procedimientos para su verificación. Por otro lado, para el caso de la serie histórica de irradiación solar horizontal y temperatura ambiente, habrá un protocolo para su verificación y medición [25].

En España:

Cuarto, en el Documento Básico HE Ahorro de energía, en el apartado de exigencia básica HE 5. Establece los parámetros para englobar las operaciones necesarias durante la vida de la instalación y asegurar su funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma. Se definen dos escalones complementarios de actuación: a) plan de vigilancia; b) plan de mantenimiento preventivo. El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales (energía, tensión etc.)

para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, incluyendo la limpieza de los módulos en el caso de que sea necesario. El plan de mantenimiento preventivo trata operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones aplicadas a la instalación que permitan mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad del sistema solar fotovoltaico [26].

Quinto, en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a la red eléctrica (PCT-C-REV julio 2011), establece que se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años para instalaciones solares fotovoltaicas. La instalación incluirá todos los elementos de la misma, con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes [27]. Como se puede ver en los párrafos anteriores, en Colombia existen normas bien definidas en cuanto a incentivos por la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. De la misma forma, la verificación de parámetros para la estimación de las plantas solares fotovoltaicas. La normatividad en Colombia para el mantenimiento preventivo de los sistemas fotovoltaicos no está estipulado de forma explícita, por lo tanto, los insumos de la normatividad PCT-C-REV, documento básico HE y guía de desarrollo de proyectos para plantas de energía solar fotovoltaica, sirven como insumos para el cumplimiento de este proyecto.

2.3. Caracterización de los paneles fotovoltaicos.

El sistema aislado de red (off grid) compuesto por 2 paneles policristalinos instalados en el laboratorio de energía de la Escuela, tiene las siguientes especificaciones geográficas y climáticas. Está ubicado a una latitud de $4,6^\circ$ cerca del ecuador y tiene una elevación de alrededor de 2600 msnm; su irradiación global se encuentra en el rango de $4,0kWh/m^2$ y $4,5kWh/m^2$; sus horas de brillo solar están por encima de 4.0 h y la temperatura promedio es de $13,1^\circ C$. Junto a la anterior información se encuentra la ventaja que tiene este sistema: facilidad para tomar mediciones en las terminales de salida de los paneles, portabilidad para hacer desplazamiento de un punto a otro y movilidad para tomar las imágenes térmicas bajo diferentes condiciones.

En la tabla 2.1, están las especificaciones técnicas de los paneles Kyocera con los que se trabajó en el desarrollo de este proyecto P=87Wp.

Tabla 2.1: Especificaciones técnicas paneles P=87Wp. (Ver anexo 2)

Potencia nominal (%5) Pmax [Wp]	87
Intensidad nomina IIMP (corriente en máxima potencia)[A]	5,02
Tensión nominal VMP (voltaje en máxima potencia) [V]	17,4
Corriente de corto circuito ISC [A]	5,34
Tensión de circuito abierto	21,7
Potencia pico bajo condiciones de test	STC1000W/m ² , 25°C
Espectro AM (masa de aire)	1,5
Rango de temperatura [TC] [°C]	-40 +85
Coefficiente alpha α	$2,12 \times 10^{-3}$ A/°C
Coefficiente beta β	$-8,21 \times 10^{-2}$ V/°C
Dimensiones	1007mm x 652mm x 58mm

Con el fin de especificar las características de corriente de corto circuito, voltaje de circuito abierto, punto de máxima potencia y condiciones de eficiencia de los paneles que se expusieron en la descripción del problema del apartado 1.1.2; y que también se mostrará más adelante en los análisis de resultados de las curvas características de corriente versus temperatura e irradiancia. A continuación, se especificará el sistema de conexión de los paneles solares Kyocera instalados y donde se hizo este trabajo [14]:

a) Sistema off grid, ver figura 2.5: Son instalaciones solares que están completamente desconectados de la red eléctrica; son completamente independientes y se utilizan a menudo en áreas aisladas sin acceso a la red. Para el caso de la escuela, tiene dos paneles policristalinos conectados en paralelo con una potencia de 87 Wp por unidad, un banco de baterías de descarga profunda de 12 V y 105 Ah, un inversor y regulador de 1000 W acondicionados para conectar cargas AC y DC.

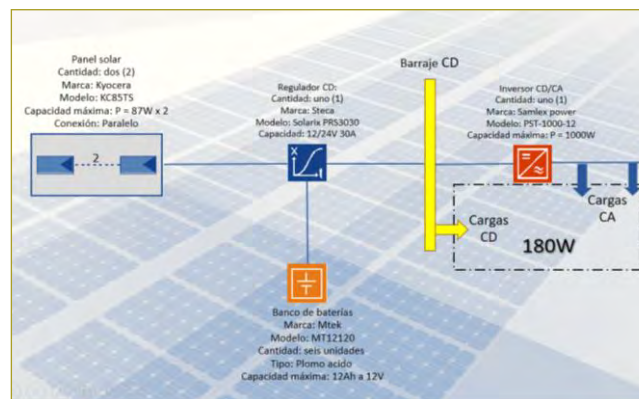


Figura 2.5: Diagrama unifilar del sistema off grid. modificado de [14].

2.4. Pérdidas energéticas por causas de suciedad y puntos en caliente.

Para empezar, se muestra la curva característica del comportamiento de voltaje y corriente de una celda en fallo.

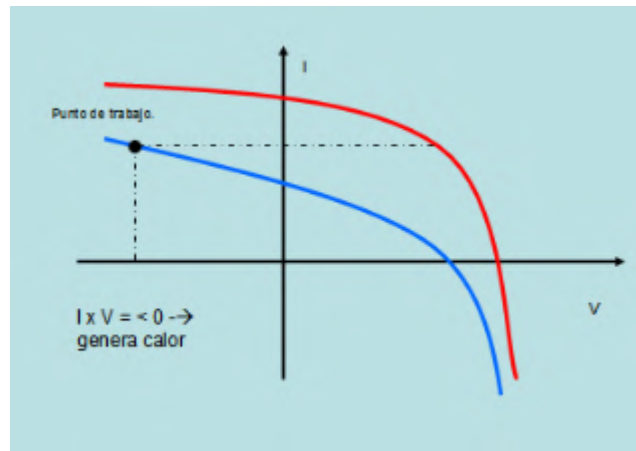


Figura 2.6: Celda no irradiada o en fallo. (Modificado de: [28])

De la curva característica de la figura 2.6 se puede ver que la celda está por fuera de su área de trabajo; no genera energía porque no recibe la radiación del sol, esto significa que no se encuentra en su punto de trabajo. La polarización directa se da cuando el voltaje por la corriente es mayor que cero. En el caso de la anterior curva, la celda debido a fallos se polariza de forma inversa. Con lo cual, en vez de producir energía, empieza a consumirla y en su defecto a generar calor. En la tesis doctoral de Martínez F [28], expone varios factores de pérdidas energéticas entre las que se tienen:

Suciedad: hay acumulación del polvo no homogénea sobre la superficie de los paneles que tiende a seguir con preferencia ciertas marcas. El polvo se ha adherido con mayor facilidad a unas zonas de los módulos en las que existen restos de algún tipo de grasa o silicona procedente del proceso de fabricación o instalación. Por lo tanto, hay un incremento de las pérdidas energéticas, debido a que la irradiancia efectiva que llega a la superficie de los módulos es inferior, ver figura 2.7.



Figura 2.7: Pérdidas energéticas por suciedad. [28]

Vegetación: Son las plantas que crecen hasta una altura que provoca sombreados locales en los módulos más bajos de los generadores. Este tipo de sombras pueden provocar que las células afectadas no actúen como generadores de potencia sino como cargas que disipan la potencia del resto de células del bloque al que pertenecen, ver figura 2.8. Esto puede ocurrir cuando una célula genera menos corriente que el resto de células conectadas en serie como consecuencia del sombreado. Por ello, estas células alcanzan temperaturas superiores a las que presentan el resto de células del módulo.

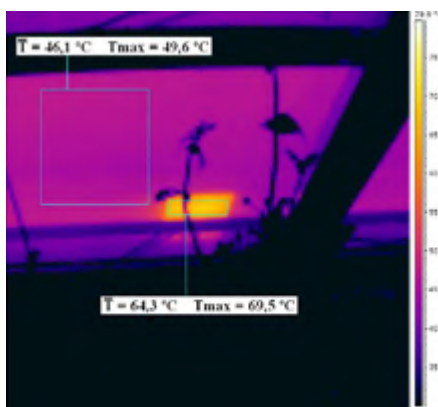


Figura 2.8: Pérdidas energéticas por sombras de vegetación. [28]

El resultado de una célula defectuosa es que esta se polariza en inversa, es decir, la tensión de la terminal positiva se vuelve negativa y viceversa. Por lo tanto, se comporta como una carga que disipa en forma de calor la potencia generada por el resto de células conectadas en serie. El punto es una región localizada en el módulo, cuya temperatura de operación es muy alta en comparación con sus alrededores. Si la tensión de operación del módulo es muy pequeña puede ocurrir que la célula defectuosa se mantenga permanentemente en polarización inversa y disipando potencia, con la consecuente elevación de temperatura y el surgimiento del punto caliente. Así pues los puntos calientes suponen un riesgo potencial de daño irreversible para los módulos fotovoltaicos. Por ejemplo, pueden causar delaminación

del tedlar, rotura del vidrio, pérdida de aislamiento eléctrico, disminución prematura de la vida útil del encapsulado o incluso fuego.

La figura **2.9** muestra el caso de un punto caliente que aparece en los bordes de las esquinas; una célula caliente en la que se aprecian quemaduras en la malla de metalización; un punto caliente ha provocado la rotura del vidrio frontal; un punto caliente que provoca abombamiento en la parte del tedlar.

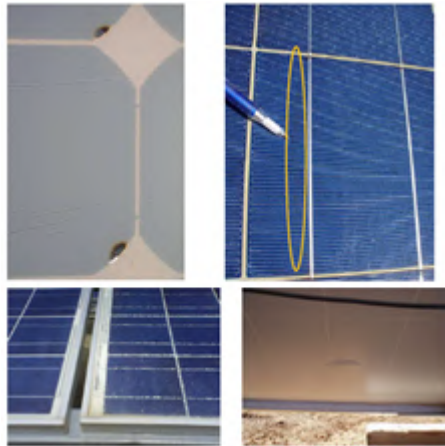


Figura **2.9**: Daños sobre la superficie de paneles. [28]

La degradación inducida por tensión de la figura **2.10**, son las células afectadas por polarización, las células deben funcionar a voltajes menores de una célula normal, incluso pueden llegar a ser negativas, lo cual origina un sobrecalentamiento. En consecuencia, las células calientes por degradación inducida por tensión están siempre en los módulos eléctricamente más cercanos a uno de los polos del generador.

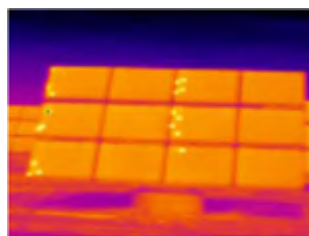


Figura **2.10**: Degradación inducida por tensión. [28]

Teniendo en cuenta la anterior figura, la intensidad puede variar según las condiciones meteorológicas ya que está sujeto a la acumulación de carga estática. Lo que quiere decir, que a mayor humedad, hay más probabilidad de descarga y menor intensidad de la polarización.

Para tiempos secos, a la carga le resulta más difícil encontrar un camino hasta la tierra de la instalación, es decir, la carga acumulada es mayor; y en efecto, el fenómeno de polarización.

2.5. Análisis de las curvas características de los paneles

A continuación se muestran las medidas efectuadas desde las 6:45 am hasta las 12:30 pm del 29 de marzo de 2009 en una central fotovoltaica de 47 MW situada en Portugal. Corresponden a un generador de 160 kW de potencia nominal instalado sobre seguidores en un eje y con la misma inclinación respecto a la horizontal. En la figura 2.11 hay dos trazos, el azul es la potencia en AC de simulación y el amarillo es la potencia AC experimental [29].

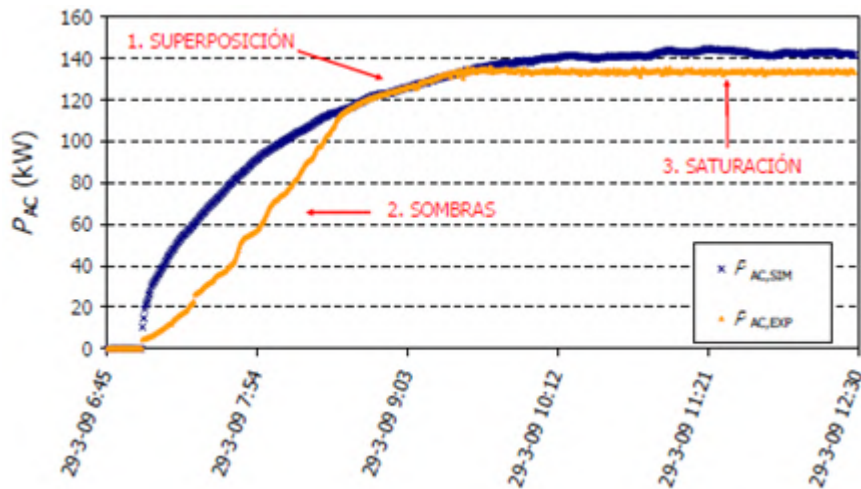


Figura 2.11: Curvas experimental de potencias y de simulación [28].

Del anterior gráfico se tienen los siguientes análisis: entre las 7:00 am y las 9:03 am se registran pérdidas asociadas al sombreado durante el ensayo; entre las 9:30 am y las 12:30 pm, la potencia experimental se mantiene constante y la potencia de simulación conserva la tendencia de crecimiento que presentaba en la zona lineal. Esto se debe a la saturación del inversor, que limita la potencia alterna de salida de la potencia nominal, lo que a su vez provoca una reducción de la potencia continua de entrada.

Los problemas asociados a una sobret temperatura pueden dar lugar a que las celdas adyacentes disminuyan su eficiencia o que incluso lleguen a averiarse, expandiéndose el problema por el panel.

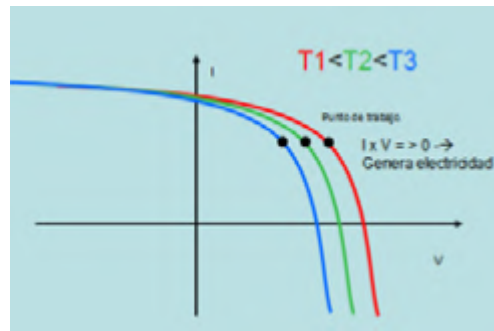


Figura 2.12: Influencia de la temperatura sobre las curvas de funcionamiento [28]

En el caso de las curvas mostradas en la figura 2.12, a mayor temperatura hay una disminución en el voltaje debido al coeficiente β , lo que representa una baja en la producción energética, ya que la potencia es directamente proporcional con el voltaje. En consecuencia de lo comentado, se van a revisar algunas curvas características, resultado del trabajo con los paneles solares instalados en la Escuela.

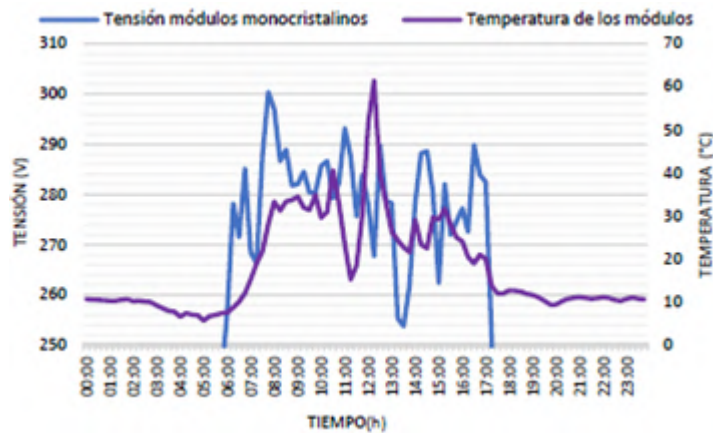


Figura 2.13: Corriente e irradiancia en los módulos monocristalinos [11]

En la figura 2.13 se muestra un análisis que se hizo sobre los paneles monocristalinos instalados en la Escuela. La relación que hay entre tensión y temperatura de los paneles solares monocristalinos es inversamente proporcional. Es decir, entre mayor es la temperatura en los módulos, menor es la tensión. En la siguiente figura se representa la relación entre tensión y temperatura de los módulos amorfos.

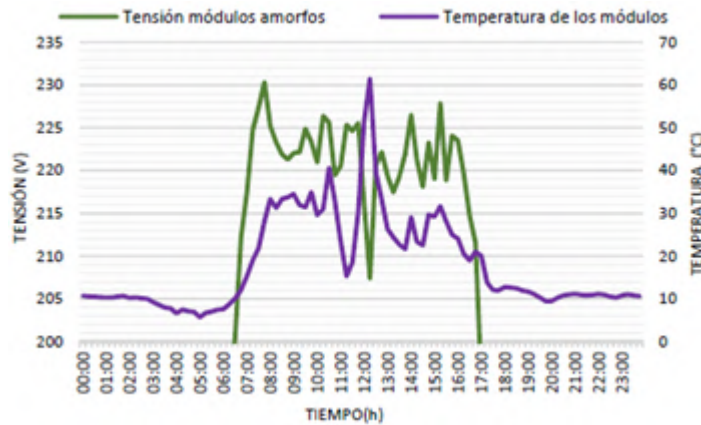


Figura 2.14: Corriente e irradiancia en los módulos monocristalinos [11]

Para este caso se repite la condición que a mayor temperatura en los módulos, menor es la tensión y viceversa. Estos resultados son muy similares, ya que los coeficientes de variación de tensión con la temperatura β son muy cercanos; en este estudio es $-0,31$ para los módulos monocristalinos y $-0,33$ para los módulos amorfos. A pesar que no se tienen los datos específicos de la anterior curva es importante tener en cuenta los valores y comportamientos anteriormente expuestos, ya que su comportamiento es similar debido a la semejanza en la construcción. Por lo tanto, las variables de temperatura que se midieron con el sensor infrarrojo y el DAQ, están directamente relacionados con la figura 2.14. Para el caso de este trabajo se tendrá en cuenta los gráficos vistos anteriormente para usar como guía en el análisis de los datos experimentales que se medirán en el laboratorio de energía de la Escuela.

2.6. Termografía para instalaciones fotovoltaicas.

Para empezar, es conveniente resaltar que las condiciones más favorables para la detección de puntos en caliente por medio de cámaras termográficas; serán aquellas en las que el panel proporcione la máxima potencia, normalmente al mediodía, en un día despejado en el cual no sea ni lluvioso ni nublado [29].

La termografía es un método de medición a distancia, con una cámara térmica es posible escanear los módulos solares a gran escala, predecir y detectar anomalías térmicas y diferencias de temperatura en los paneles. La figura 2.15 representa un panel después de una tormenta.

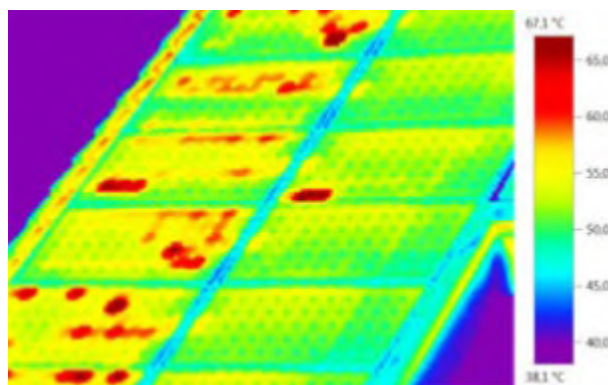


Figura 2.15: Captura térmica de panel luego de una tormenta[29].

De la anterior figura se puede visualizar que los puntos rojos están entre 60 y 65 grados centígrados. Es decir, puntos en caliente. De acuerdo con los seguimientos térmicos se tienen los siguientes casos. a) Delaminación: Debido a las influencias externas o a una calidad deficiente, es posible que la capa protectora EVA se suelte, ver figura 2.16. La humedad penetrante puede ocasionar corrosión en la célula y con ello una pérdida de rendimiento.

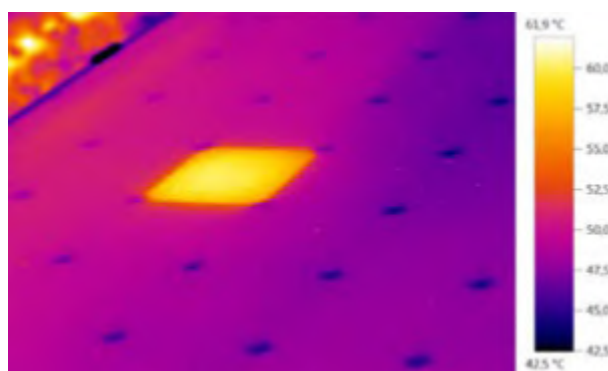


Figura 2.16: Delaminación [29].

b) Imágenes de fallos en celdas y módulos: son celdas individuales defectuosas y sub-cadenas (consumen electricidad y no la producen). Las tomas de corriente presente en la figura 2.16 indican un calentamiento visible. Esto no sugiere obligatoriamente un error. Sin embargo, si las tomas de corriente se sobrecalientan es necesario revisar la evolución de la temperatura.

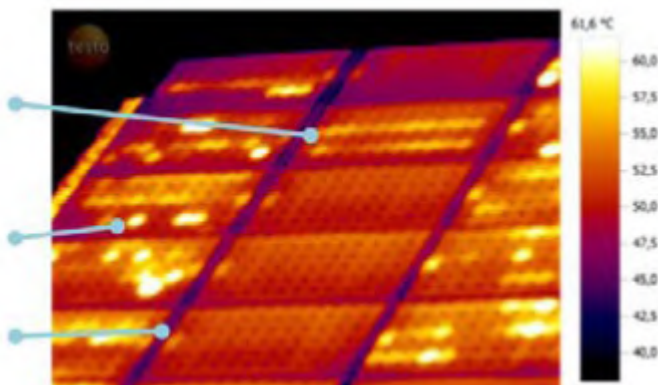


Figura 2.17: Captura térmica de panel luego de una tormenta [29].

De la figura mostrada, la primera línea superior izquierda muestra una subcadena defectuosa y la línea azul del medio una celda individual dañada. Como se aprecia en la figura 2.17 la celda individual y la subcadena tiene una temperatura mayor a 60 C°.

2.6.1. Seguimiento termográfico Fluke

En este caso el seguimiento termográfico se hace de la siguiente forma: capturar simultáneamente una imagen térmica totalmente radiométrica junto con una imagen de luz visible superponiéndolas píxel a píxel con diferentes grados de fundido. La figura 2.18 muestra por un lado las temperaturas de la superficie de los paneles solares. Y por otro lado, una imagen de luz visible que facilite la identificación de los elementos que componen la imagen.

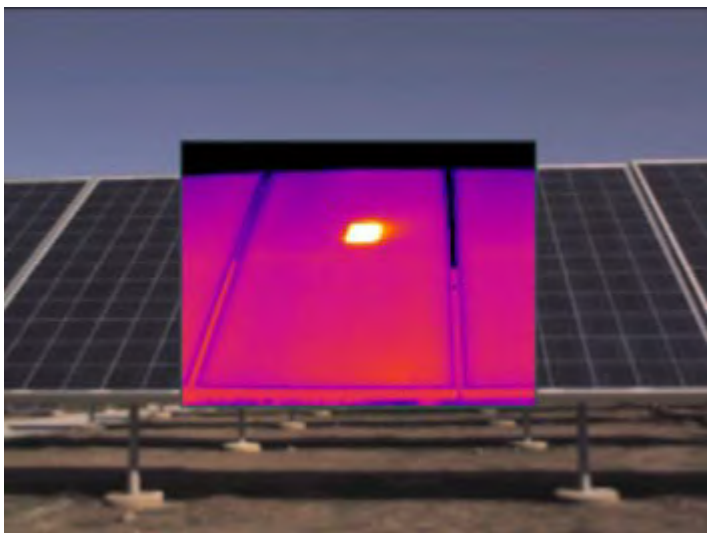


Figura 2.18: Captura de celda defectuosa [12]

Las cámaras en mención, tienen una paleta de colores seleccionable por el usuario que presenta diferentes colores a escalas para diferentes valores de temperaturas, con apoyo de la imagen térmica se puede ver el sobrecalentamiento de las celdas defectuosas. A continuación se presentarán las características de los sensores matriciales que se trabajaron en este proyecto de grado.

2.7. Sensor de temperatura matricial infrarrojo

Para la realización de este proyecto se planteó el uso de un sensor infrarrojo matricial con el cual se pudiera tomar las temperaturas de la superficie de los paneles solares sin tener contacto directo. A continuación se va a mostrar un sensor que se estudió con sus respectivas características.

2.7.1. Sensor Amg8833

El sensor panasonic de la figura **2.19**, es un arreglo de 8×8 sensores térmicos infrarrojos, que articulado con la tarjeta de desarrollo Raspberry se obtiene una matriz de 64 lecturas individuales de temperatura infrarroja sobre el puerto de comunicación I2C [30].



Figura **2.19**: Sensor Amg8833. Fuente: Elaboración propia

El anterior puerto es un bus de comunicaciones en serie, la velocidad de comunicación es de 100 kbit/s en el modo estándar, también logra velocidades de 3,4 Mbit/s; I2C usa solo 2 cables, uno para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). Esto significa que el maestro y el esclavo envían datos por el mismo cable, el cual es controlado por el maestro que crea la señal de reloj; I2C no utiliza selección de esclavo, sino direccionamiento, ver tabla **2.2**. Para el caso del sensor Amg8833 mide temperaturas que oscilan entre 0 °C y 80 °C con una resolución de temperatura de salida de 0,25 °C y tiene una velocidad de fotogramas máxima de 10Hz.

Tabla 2.2: Parámetros del sensor Amg8833. (Modificado de: [30])

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo
Voltaje	3V	3,3V	5V
Corriente	0,8mA	4,5mA	4,5mA
Número de píxeles		64 (8x8 matrix)	
Interfaz de comunicación I2C		0x69	
Frecuencia de imagen	1 frame/sec		10 frame/sec
Modo de operación		Normal, Sleep, Stand by	
Temperatura salida del termistor	0°C		80°C
Resolución salida de temperatura		0,25°C	
Resolución salida del termistor		0,0625°C	

El sensor Amg8833 se energiza con 3,3 voltios típicos, que para este caso el GPIO (General Purpose Input/Output) de la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 4 tiene los pines 1 y 17 con esta magnitud de voltaje a una corriente por debajo de 50mA; esta magnitud está por encima del valor típico de 4,5mA de consumo de corriente del sensor. Al sistema de control va conectado el pin 4 INT que sirve para generar interrupciones en la lectura de temperaturas, lo que quiere decir que sirve para activar o desactivar las lecturas, por medio de AD-SELECT, se selecciona el modo en el que se quiere operar el sensor de temperatura, en normal mode, sleep mode o stand by mode. La frecuencia de la captura de las imágenes es de 1 o 10 frame/second y el tamaño del arreglo completo 64 píxeles o 8x8 píxeles, lo anterior hace parte de la configuración inicial de la librería adafruit_aml88xx utilizada para el desarrollo de la aplicación en estudio. En la figura 2.20 se puede apreciar la organización de los 64 datos que toma este sensor, su direccionamiento, organización, al igual que el ángulo de 60° para capturar las imágenes de forma horizontal y vertical.

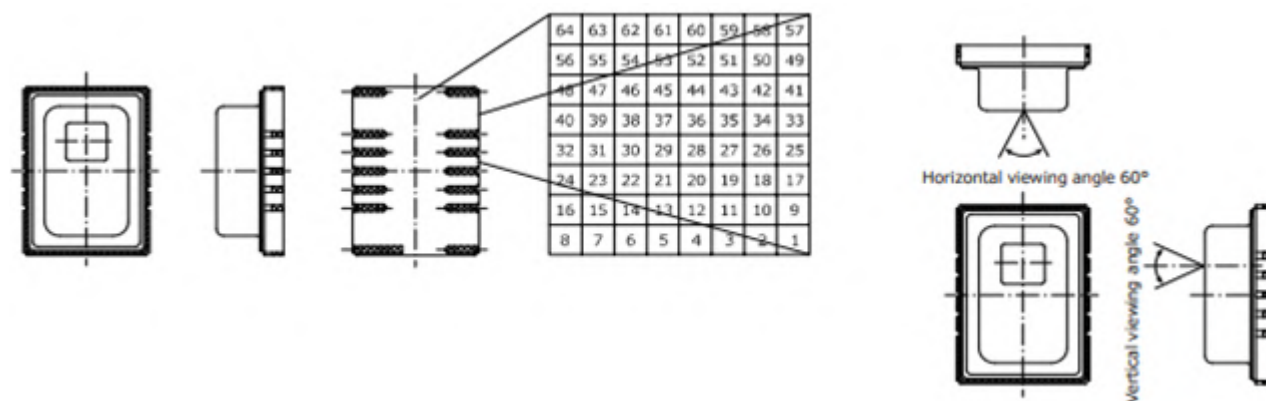


Figura 2.20: Ángulo y matriz del sensor Amg8833. Fuente: elaboración propia

En este punto es importante resaltar que se deben revisar la veracidad y calidad de los datos a tomar, teniendo en cuenta diferentes distancias, a continuación se describe el sensor matricial infrarrojo Mlx90640.

2.7.2. Sensor Mlx90640

Mlx90640 es un sensor con una matriz IR térmica de 32x24 píxeles totalmente calibrada en un encapsulado TO39 de 4 terminales estándar con interfaz digital, ver figura 2.21.



Figura 2.21: Sensor Mlx90640. Fuente: Elaboración propia

El sensor contiene 768 píxeles IR, lleva integrado un sensor ambiental para medir la temperatura ambiente del chip y un sensor de alimentación para medir la VDD. Las salidas de todos los sensores IR, T_a y VDD se almacenan en la RAM interna y son accesibles a través de I2C. En la tabla 2.3 se encuentran las características principales de este sensor dadas por el fabricante.

Tabla 2.3: Parámetros del sensor Mlx90640. (Modificado de: [30])

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo
Voltaje	3v	3,3v	3,6v
Corriente	15mA	20mA	25mA
Número de píxeles		768	
Interfaz de comunicación I2C	0x01	0x33	0xFF
Frecuencia de imagen	0,5 frame/sec		64 frame/sec
Modo de operación		Normal, Step	
Rango de temperatura	-40°C		85°C

El sensor Mlx90640 se energiza con un valor típico de 3,3 voltios, que para este caso el GPIO(General Purpose Input/Output) de la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 4 tiene los pines 1 y 17 con esta magnitud de voltaje a una corriente por debajo de 50mA; esta magnitud está por encima del valor máximo de 25mA de consumo de corriente del sensor. En las

direcciones de los registros de temperatura se identifican cada pixel de los 768 pixeles en total, con el fin de saber su ubicación para su respectivo tratamiento de datos, estos registros están ubicados desde la dirección 0x0400 hasta la dirección 0x06E0. En las anteriores direcciones están los registros de lectura y escritura de las temperaturas desde el pixel 1 hasta el pixel 768, vale aclarar que las direcciones aumentan de forma incremental hasta llegar a 0x06E0 que es la dirección para el último dato de 32x24 pixeles. Este sensor tiene una memoria ROM con 123 espacios de memoria, lo mismo la memoria RAM con 1023 espacios y la memoria EEPROM con 7999 espacios de memoria (ver anexo 1).

2.8. Tarjeta de desarrollo y plataforma ThingSpeak

Se planteó el uso de una tarjeta de desarrollo para el diseño e implementación del sistema embebido, el cual se pudiera integrarse con el sensor matricial Mlx90640, la pantalla Touch Screen, la cámara fotográfica y la plataforma de acceso web ThingSpeak. A continuación están sus principales características.

2.8.1. Raspberry pi 4

Raspberry Pi de la figura 2.22: es un ordenador de placa reducida o (placa única) (SBC) de bajo costo, desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi.



Figura 2.22: Tarjeta de desarrollo Raspberry Fuente: Anexo 3

Especificaciones de la Raspberry Pi 4 modelo B Lenguaje de programación Python. Sistema en un chip: Broadcom BCM2711 CPU: Procesador de cuatro núcleos a 1,5 GHz con

brazo Cortex-A72 GPU: VideoCore VI Memoria: 1/2/4GB LPDDR4 RAM Conectividad: 802.11ac Wi-Fi / Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet Vídeo y sonido: 2 x puertos micro-HDMI que admiten pantallas de 4K@60Hz a través de HDMI 2.0, puerto de pantalla MIPI DSI, puerto de cámara MIPI CSI, salida estéreo de 4 polos y puerto de vídeo compuesto. Puertos: 2 x USB 3.0, 2 x USB 2.0

Alimentación: 5V/3A vía USB-C, 5V vía cabezal GPIO

Expansión: Cabezal GPIO de 40 pines

Para el caso de estudio se conectó el sensor térmico infrarrojo Mlx90640 en el puerto I2C que usa 2 cables, uno para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). Adicional, se conectó la cámara Raspberry Pi V2 de 8mpx, con tecnología Sony IMX219 que tiene un sensor de foco fijo que puede capturar imágenes fijas con resolución 3280x2464 y 30 fotogramas por segundo (fps) y 1080 pixeles (p) de vídeo. La cámara V2 se integró al sistema embebido por medio de un cable plano de 15 cm hasta el puerto Camera Serial Interface (CSI) de la tarjeta de desarrollo con el fin de realizar el seguimiento visual a los paneles solares. Esta información se almacenó en la memoria de la Raspberry y por medio del sistema de comunicación Wifi se transmitieron los datos a la nube.

2.8.2. Plataforma IoT ThingSpeak

La plataforma ThingSpeak es un servicio de análisis de IoT que permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. Se puede enviar datos a ThingSpeak desde dispositivos móviles, crear visualizaciones instantáneas de datos en vivo y enviar alertas mediante servicios web como Twitter y Twilio. Con los análisis de Matlab dentro de ThingSpeak, se puede escribir y ejecutar código Matlab para realizar preprocesamiento, visualizaciones y análisis. ThingSpeak permite a los ingenieros y científicos crear prototipos y construir sistemas de IoT sin configurar servidores ni desarrollar software web [31].

Capítulo 3

Metodología

En este capítulo está la metodología donde se encuentra su descripción, la caracterización de dispositivos y las versiones inicial y final del sistema embebido.

3.1. Descripción de la metodología

En este trabajo se utilizó el enfoque de investigación cuantitativo, ya que por las características y cualidades de este estudio, es el método que más se adapta a las necesidades. El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos secuencial y probatorio. Cada etapa es prerequisite para pasar a la siguiente, el orden es estricto y en su desarrollo se puede redefinir alguna de las etapas. Su comienzo es con una idea que va delimitándose; luego surgen los objetivos y pregunta de investigación. El marco teórico es derivado de la revisión exhausta y minuciosa de la literatura acerca de todas las teorías que involucran el progreso del proyecto. De la pregunta de investigación se determinan las variables; se realiza el diseño para medirlas en un determinado contexto. Y por último, se obtienen las conclusiones a partir del análisis de las mediciones realizadas [32]. Con base en las características del método de investigación descrito, se plantean cinco (5) etapas tomadas de los objetivos específicos planteados:

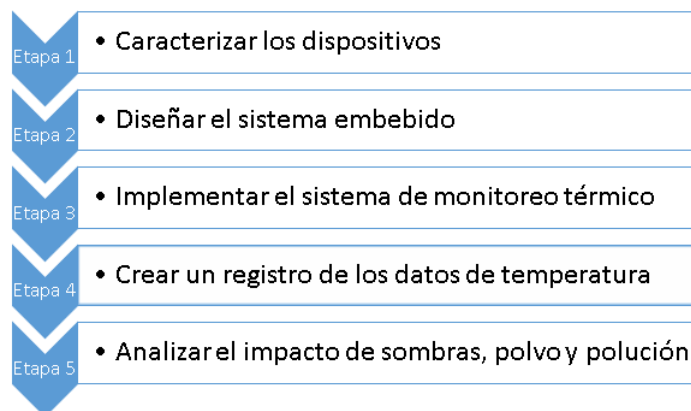


Figura 3.1: Descripción de la metodología. Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las cinco etapas representadas en la figura 3.1, se describió cada una de estas:

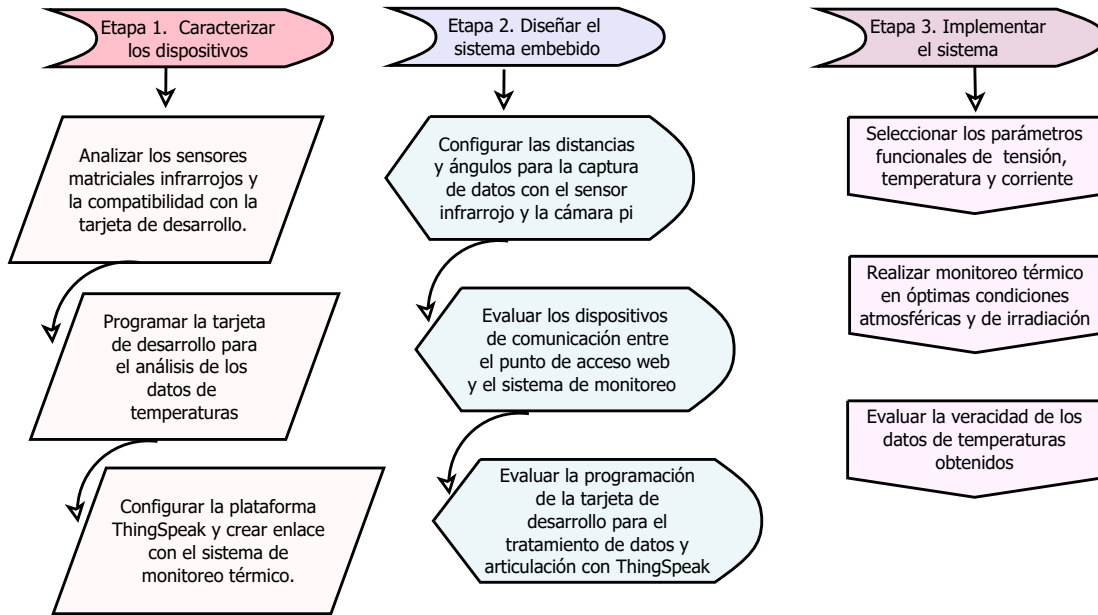


Figura 3.2: Etapas 1,2 y 3 metodología. Fuente: Elaboración propia

Etapa 1, se revisaron las especificaciones técnicas dadas por los fabricantes en cuanto a los sensores matriciales infrarrojo Amg8833 y Mlx90640. Se seleccionó el más adecuado en cuanto a resolución, distancia de medida y precisión. Luego se articuló con la tarjeta de desarrollo Raspberry pi4, teniendo en cuenta la viabilidad económica, las prestaciones computacionales y la compatibilidad con el sensor infrarrojo matricial y la cámara pi V2. Se seleccionó el sensor y la tarjeta raspberry pi4, ya que esta ofrece compatibilidad en cuanto a integración de librerías y lenguajes de programación entre la tarjeta de desarrollo y la plataforma ThingSpeak. Para culminar esta etapa, se estableció los tiempos de transferencia de datos entre los tres dispositivos y las capacidades de almacenamiento, con el fin de programar la tarjeta de desarrollo para el reconocimiento y tratamiento de los datos de temperaturas y registros fotográficos.

Etapa 2, se seleccionó la distancia y el ángulo adecuados para capturar los datos de temperatura y los registros fotográficos. Adicional, se midió las distancias entre el sensor matricial infrarrojo y la cámara pi V2, con el fin de evitar interferencias entre los ángulos de capturas. Para terminar esta etapa, se evaluó los dispositivos de comunicación wifi para la transferencia de datos entre el sistema embebido y el punto de conexión a internet. De la misma forma, se programó la tarjeta de desarrollo para revisar la articulación con la plataforma ThingSpeak en el reconocimiento y envío-recepción de los datos de temperatura.

Etapa 3, con base en la guía de mantenimiento y operación propuesta por la IFC, la guía práctica Termografía para instalaciones fotovoltaicas Testo Solar y las recomendaciones de termografía para el mantenimiento de plantas de Fluke. Se seleccionaron los parámetros funcionales principales de temperatura, corriente y tensión que se deben tener en cuenta para realizar el monitoreo térmico y crear un registro de los datos de temperatura para un histórico de dos meses. Para desarrollar esta etapa, se usó instrumentos de medición de temperatura externos al sensor infrarrojo matricial, para evaluar la veracidad de los datos de temperatura medidos. En la figura 3.3 están las dos últimas etapas.

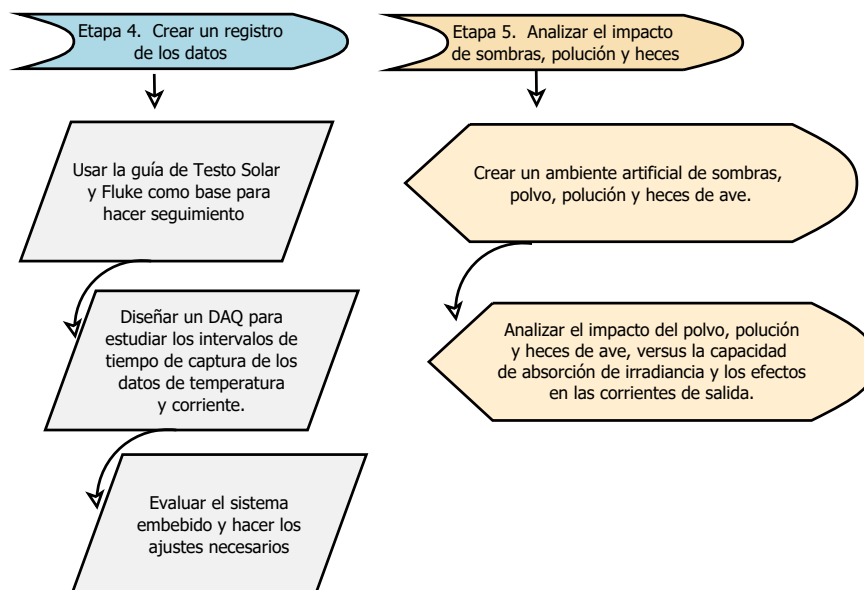


Figura 3.3: Etapas 4 y 5 metodología. Fuente: Elaboración propia

Etapa 4, se utilizó la guía práctica Termografía para instalaciones fotovoltaicas Testo Solar y las recomendaciones de termografía para el mantenimiento de plantas de Fluke vistos en el anterior capítulo, como base para hacer el seguimiento a altas temperaturas, sombras, celdas defectuosas y polvo. De la misma forma, se estudió los intervalos de tiempo de captura de los datos de temperatura que más se ajustan a las velocidades del sensor, con la tarjeta de desarrollo y con la plataforma ThingSpeak. Esto se hizo con el fin de evaluar el sistema embebido, y hacer los ajustes necesarios en cuanto a la programación de la tarjeta de desarrollo y de la plataforma de acceso web ThingSpeak.

Etapa 5, se creó un ambiente artificial de sombras, polvo y heces de ave, para revisar los efectos en la corriente y la producción energética. Se analizó la información generada de forma experimental con el DAQ(Data Acquisition System) diseñado para este proyecto. Lo anterior se hizo con el fin de estudiar el margen de error entre los datos de corriente en cada panel Kyocera. También se analizó el impacto del polvo, polución, heces de ave y sombras sobre la cubierta de cristal de un módulo fotovoltaico policristalino versus la capacidad de absorción de irradiancia. Para dar fin a esta etapa, se hizo un registro de datos durante dos meses con una intensidad de 3 días a la semana. Los anteriores datos derivados del desarrollo de este estudio, servirán como insumos para futuros análisis de impacto en la vida útil de los sistemas fotovoltaicos instalados en el laboratorio de energía de la Escuela.

3.1.1. Cronograma de las etapas

En la tabla **3.1**, se encuentra el cronograma con los tiempos en meses que se utilizaron para el desarrollo de las 5 etapas mostradas.

Tabla 3.1: Cronograma de las etapas. Fuente: Elaboración propia

Etapas	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Meses	08-09-10-11	01-02-03-04-05	07-08-09	09-10	11-12
Año	2020	2021	2021	2021	2021

3.2. Caracterización de dispositivos

En esta sección se hizo la revisión de las especificaciones técnicas dadas por los fabricantes en cuanto a los sensores matriciales infrarrojo Amg8833 y Mlx90640, la selección de la mejor distancia y el mejor ángulo para capturar los datos de temperatura y los registros fotográficos.

3.2.1. Análisis del sensor Amg8833

Con base en la sección 2.7.1 de este documento, se observa que la conexión interna del sensor Amg8833 tiene internamente un termistor, o sea el sensor de temperatura va a un amplificador proporcional o de ganancia y a un conversor análogo digital, ver figura 3.4.

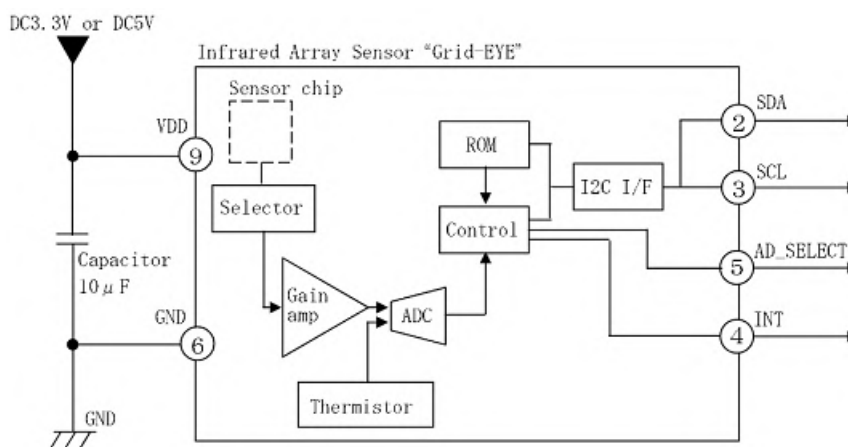


Figura 3.4: Circuito interno Amg8833. (Modificado de: [30])

En la rama de la ganancia se encuentra un selector del chip que indica el nivel de proporción de medidas que va a obtener el termistor. Al lado derecho del termistor se encuentra el conversor análogo-digital que va a un sistema de control, este está conectado a una memoria ROM que es donde se almacenan los datos de temperatura registrados, el puerto de comunicación es por I2C con dirección 0x69. Para este caso el SCL (clock frequency) está conectado al pin 3, este alcanza velocidades de hasta 400kHz de 1000kHz que es la velocidad máxima diseñada para este protocolo de comunicación; en el pin 2 va conectado el SDA que es el destinado para la recepción de los datos de temperatura a medir. En la tabla 3.2 están los valores más relevantes del sensor Amg8833:

Tabla 3.2: Características del sensor Amg8833. (Modificado de: [30])

Parámetro	Valor
Número de pixeles	64 (8x8 matrix)
Interfaz de comunicación	I2C 0x69(default)
Frecuencia de imagen	Typ 1 frame/sec or Typ 10 frame/sec
Modo de operación	Normal, Sleep, Stand by(10 sec or 60sec)
Rango de temperatura	-20°C a 80°C
Resolución de salida de temperatura	0,25°C
Resolución de salida de termistor	0,0625°C
Precisión	2,5 %
Distancia de detección	5 metros máximo
Campo de visión	60°
SCL frecuencia de reloj	400khz máximo

Con base en la tabla de arriba, es importante destacar que la distancia máxima de medida de temperatura es de 5 metros, la frecuencia de imagen de 10 frame/sec max, la cual nos va a determinar la velocidad de lectura de las temperaturas, la precisión de 2,5°C, los rangos de temperatura de medición de -20°C a 80°C; y las resoluciones de los registros de lectura del sensor de 0,25° para la salida de temperatura y 0,0625 para la resolución de salida del termistor, el campo de visión de 60°C y la distancia máxima de medida va a ser relevante para el análisis del ángulo de visión que se va a hacer más adelante.

3.2.2. Área máxima de detección Amg8833

A continuación está un análisis de la distancia máxima de alcance del sensor y el ángulo del campo de visión visto, con el fin de determinar el área máxima de medición con el sensor Amg8833. Con base en los parámetros del sensor Amg8833 vistos en la tabla 3.2 y de la figura 3.5, se tiene que la distancia máxima de detección que da el fabricante del sensor es de 5 metros y el ángulo del campo de visión es de 60° :

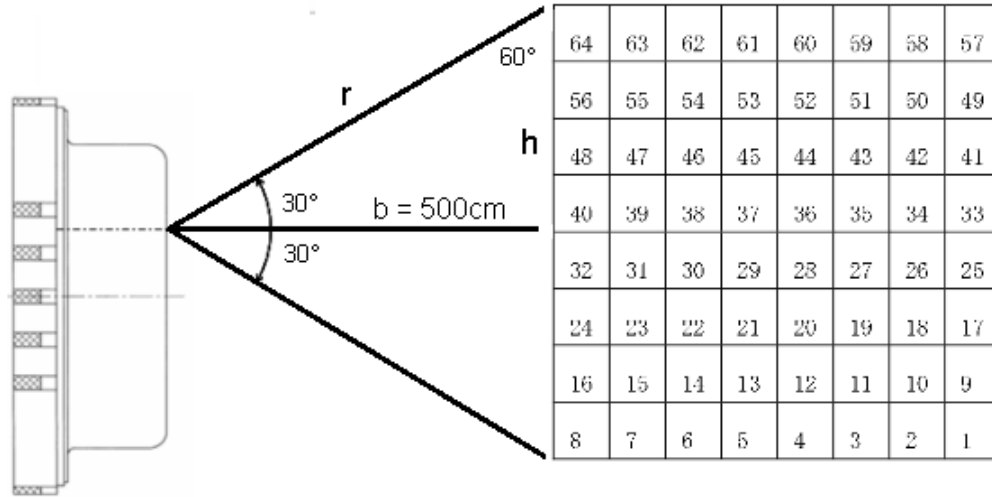


Figura 3.5: Área de detección a 500cm. Fuente: Elaboración propia

Para encontrar el tamaño máximo del valor de cada pixel y saber exactamente la temperatura por región se encuentra el valor de r de la siguiente forma:

$$r = \frac{b}{\cos\theta} \quad r = \frac{500[cm]}{\cos[30^\circ]} \quad r = 577[cm] \tag{3.1}$$

$$h = \sqrt{r^2 - b^2} \quad h = \sqrt{577^2 - 500^2} \quad h = 288[cm] \tag{3.2}$$

Teniendo el valor de r calculado, también se puede expresar h como:

$$h = r \sin\theta \quad h = 577 \sin 30^\circ \quad h = 288[cm] \tag{3.3}$$

Con el valor máximo de distancia de 500[cm], el valor de uno de los lados del área cuadrada es de: $\text{lado} = h \times 2 = 288[cm] \times 2 = 576[cm]$, por lo tanto el área máxima del cuadrado de medición permitido es de $576[cm] \times 576[cm]$:

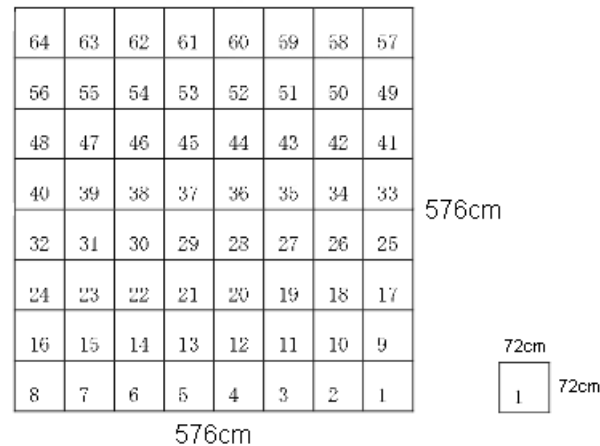


Figura 3.6: Tamaño del píxel a 500cm. Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6 se divide un lado del cuadrado por los ocho píxeles que lo conforman y se determina que cada píxel tiene un área máxima de 72cmx72cm.

3.2.3. Programación en Python para la Raspberry pi 4

La tarjeta de desarrollo Raspberry utiliza Python como lenguaje de programación principal, este es un scripting language (Lenguaje de programación embebido) independiente de plataforma y orientado a objetos, difiere de la programación estructurada tradicional, en que los datos y los procedimientos están separados y sin relación, ya que lo único que se busca es el procesamiento de unos datos de entrada para obtener otros de salida. La programación estructurada anima al programador a pensar en términos de procedimientos o funciones, y en segundo lugar en las estructuras de datos que esos procedimientos manejan. Python también tiene la característica de ser un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo [33]. Para empezar, se va a definir la librería Amg88xx que se utiliza en las aplicaciones de software para las pruebas realizadas con este sensor, la forma de importar la librería expuesta con anterioridad es:

```
import adafruit_amg88xx
```

Como complemento de la programación de la tarjeta de desarrollo y el trabajo realizado con el sensor Amg8833 se muestra el diagrama de flujo de la programación realizada, en este programa se utilizaron las siguientes librerías:

```
math
time
```

numpy as np

busio

board

scipy.interpolate import griddata

La librería *math* se usa para hacer las operaciones matemáticas. *Pygame*, es una biblioteca de lenguaje de programación Python de código abierto y gratuito para crear aplicaciones multimedia, en este caso se usó para la creación de la ventana y la asignación de los valores de cada pixel versus su temperatura. La librería *busio* contiene clases para soportar una variedad de protocolos seriales, en este caso se usó el protocolo de comunicación I2C(SCL, SDA) con conexión al sensor matricial y en conjunto con *board* se usaron los pines de reloj y datos: `busio.I2C(board.SCL, board.SDA)`. El subpaquete `scipy.interpolate import griddata` para objetos se utilizó en la interpolación de las imágenes térmicas. Para el trabajo matricial con pixeles es necesario trabajar con *numpy*, este es el paquete fundamental para la computación científica en Python; es una biblioteca que proporciona un objeto de matriz multidimensional, varios objetos derivados como matrices y matrices enmascaradas y una variedad de rutinas para operaciones rápidas en matrices que incluyen manipulación matemática, lógica, de formas, clasificación, selección, transformadas discretas de Fourier, álgebra lineal básica, operaciones estadísticas básicas y simulación aleatoria. En su núcleo se encuentra el objeto *ndarray* que encapsula matrices n- dimensionales de tipos de datos. Adicional a lo anterior, es necesario usar *Matplotlib*, que es una biblioteca para hacer gráficos 2D de matrices en Python [34].

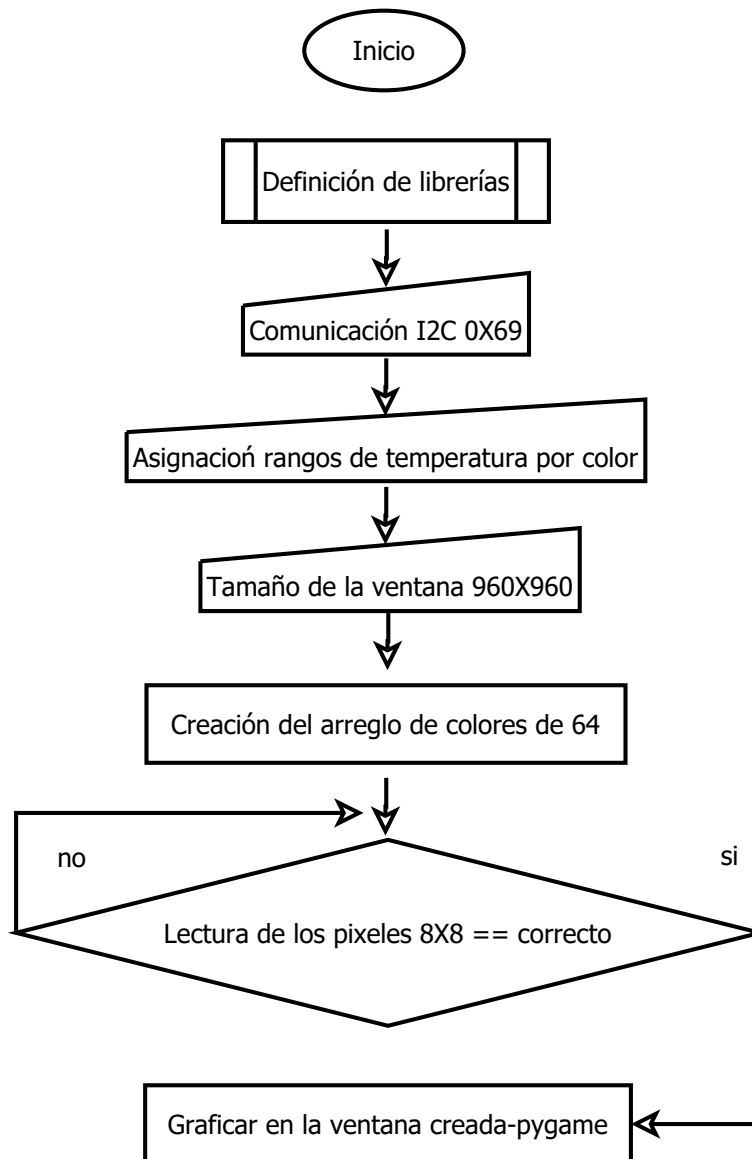


Figura 3.7: Diagrama de flujo programación sensor Amg8833. Fuente: Elaboración propia.

El algoritmo de la figura 3.7, comienza definiendo las librerías *import os*, *import math*, *import time*, *import numpy as np*, *import pygame*, y *import adafruitamg88xx*. Seguido, se hace la asignación de los rangos mínimos y máximos de temperatura, al igual que se define el protocolo de comunicación I2C asignando SDA y SCL, donde el sensor Amg8833 tiene

asignado la dirección 0x69 para la comunicación serial descrita. Luego se inicializa el sensor para hacer el arreglo de colores con apoyo de la librería *math* y *numpy*, se define el ancho y alto de la ventana donde va a mostrarse la cámara térmica, en este caso se deja una altura y base de 960x960 para poder ver los resultados en el monitor. Para finalizar este programa se crea un ciclo donde primero se hace la lectura de los pixeles , se asigna un mapeo con las temperaturas mínimas y máximas, se hace un recorrido matricial por las filas y las columnas del arreglo de 8x8, para finalmente hacer el recorrido matricial y dibujar en la ventana los resultados de la cámara térmica utilizando la librería *pygame*.

3.2.4. Análisis del sensor Mlx90640

Teniendo en cuenta las características de sensor expuestas en la sección 2.7.2 del marco teórico, en la figura 3.8 se muestra la conexión interna del sensor Mlx90640, donde se puede observar que este chip tiene un sensor de temperatura, un regulador digital y un oscilador de resistencia capacitor de 34[Mhz], los arreglos de los pixeles van a un amplificador proporcional o de ganancia y a un conversor análogo digital.

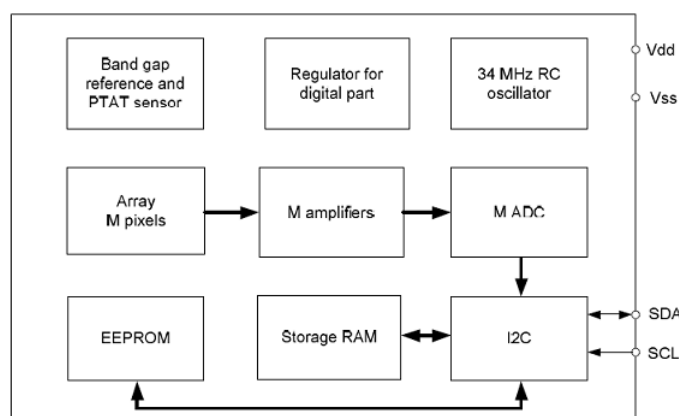


Figura 3.8: Plano interno Mlx90640. Modificado de: [30]

El conversor análogo-digital va al protocolo de comunicación I2C que tiene una comunicación bidireccional con el sistema de almacenamiento ROM con 123 espacios de memoria, al igual que la memoria RAM con 1023 espacios y la memoria EEPROM con 7999 espacios de memoria, que en este caso es I2C. El SCL(clock frequency) alcanza velocidades de hasta 1000[khz] y el SDA es el destinado para la comunicación de los datos de temperatura a medir.

3.2.5. Protocolo de comunicación

En la figura 3.8 se puede observar que el dispositivo Mlx90640 utiliza el protocolo I2C con soporte del modo FM+ (hasta 1[MHz] de frecuencia de reloj) y puede ser sólo esclavo en el bus. Los puertos SDA y SCL son tolerantes a 5V y el sensor puede conectarse directamente a una red I2C de 5V. La dirección esclava es programable y puede tener hasta 127 direcciones esclavas diferentes en el sensor Mlx90640. El dispositivo puede funcionar en los modos normal y por pasos, en el modo normal las mediciones se realizan constantemente, dependiendo de la velocidad de fotogramas [FPS] seleccionada en el registro de control los datos de los píxeles [IR y Ta] se actualizan en la RAM cada segundo.; de este modo el dispositivo externo tiene acceso completo a los registros y memorias internas. El modo *step* está previsto para las mediciones individuales activadas por un dispositivo externo. La entrada en este modo es posible escribiendo el código apropiado en el registro de configuración. La medición se activa poniendo el bit de inicio de medición a 1 en el registro de estado. A continuación está la tabla 3.3 con los principales parámetros del sensor matricial de 32x24.

Tabla 3.3: Características del sensor Mlx90640. (Modificado de anexo 1)

Parámetro	Valor
Número de pixeles	768 (32x24 matrix)
Interfaz de comunicación	I2C 0x33(default)
Frecuencia de imagen	Typmin 0,5 frame/sec or Typmax 64 frame/sec
Rango de temperatura	-40°C a 85°C
Temperatura objetivo	-40°C a 300°C
Precisión	0,5 %
Distancia de detección	7 metros máximo
Campo de visión	110° y 75°
SCL frecuencia de reloj	1000khz máximo

Es importante destacar que la distancia máxima de media de temperatura es de 7 metros, la frecuencia de imagen de 64 fotogramas por segundo [FPS] máxima, la cual determina la velocidad de la lectura de las temperaturas. La precisión de 0,5 [%], los rangos de temperatura de medición de -40[°C] a 85[°C] se encuentra dentro de los parámetros de las mediciones de la superficie de los paneles trabajados en este proyecto. El campo de visión de 110°x 75° grados y la distancia máxima de medida va a ser relevante para el análisis del ángulo de visión que se va a hacer en la siguiente sección.

3.2.6. Área máxima de detección del sensor matricial Mlx90640

A continuación se presenta un análisis de la distancia máxima de alcance del sensor y el ángulo del campo de visión, con el fin de determinar el área máxima de medición con el sensor Mlx90640. Con base en la tabla 3.3, la distancia máxima de detección que da el fabricante del sensor es de 7 metros y el ángulo del campo de visión es de 110° grados y 75° grados por lo que se tiene que:

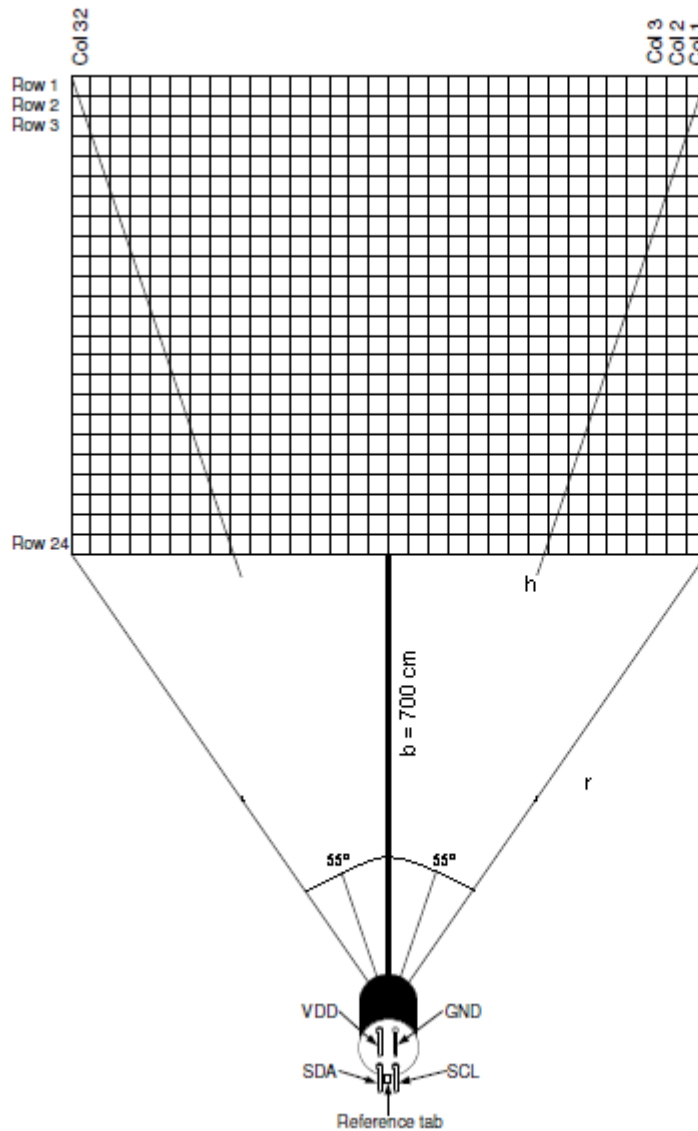


Figura 3.9: Distancia máxima del sensor. Fuente: Elaboración propia

Para encontrar el tamaño del valor de cada pixel y saber exactamente la temperatura por

región se encuentra el valor de r de la siguiente forma:

Análisis con $\theta = 110^\circ$ grados

$$r = \frac{700[cm]}{\cos[55^\circ]} \quad r = 1220[cm] \quad (3.4)$$

$$h = \sqrt{r^2 - b^2} \quad h = \sqrt{1220^2 - 700^2} \quad h = 999[cm] \quad (3.5)$$

Teniendo el valor de r calculado, también se puede expresar h como:

$$h = r \sin \theta \quad h = 999 \sin 55^\circ \quad h = 999 cm \quad (3.6)$$

Análisis con $\theta = 75^\circ$ grados

$$r(a) = \frac{b}{\cos \theta} \quad r(a) = \frac{700[cm]}{\cos[37,5^\circ]} \quad r(a) = 882[cm] \quad (3.7)$$

$$h(a) = \sqrt{r(a)^2 - b^2} \quad h(a) = \sqrt{882^2 - 700^2} \quad h(a) = 536[cm] \quad (3.8)$$

El área del rectángulo que captura el sensor se compone de las siguientes medidas

Tabla 3.4: Cálculo del área máxima de detección. Fuente: Elaboración propia

Área máxima de detección sensor Mlx90640			
Lado	Cálculo		Valor
Base	$h=999[cm]$	$2*h$	$1998[cm]$
Altura	$h(a)=536[cm]$	$2*h(a)$	$1072[cm]$)

Con base en la tabla **3.4**, y de los análisis de los parámetros de los sensores matriciales infrarrojos Amg8833 y Mlx90640, se seleccionó el sensor matricial Mlx90640 ya que tiene mayor número de pixeles(resolución), frecuencia de imagen, rango de temperatura, precisión, distancia de detección y campo de visión.

3.2.7. Prueba con la plataforma IoT ThingSpeak

Con base en la tarjeta de desarrollo Raspberry pi4 y la plataforma ThingSpeak visto en el punto 2.8 del capítulo anterior, se puede ver en la figura **3.10** la captura de datos transmitidos desde el sistema de monitoreo térmico desarrollado. ThingSpeak permite a los ingenieros y científicos crear prototipos y construir sistemas de IoT sin configurar servidores ni desarrollar software web. A continuación se va a mostrar una imagen obtenida con la cámara térmica de la temperatura sobre una superficie metálica calentada de forma artificial por medio de una pistola de calor.

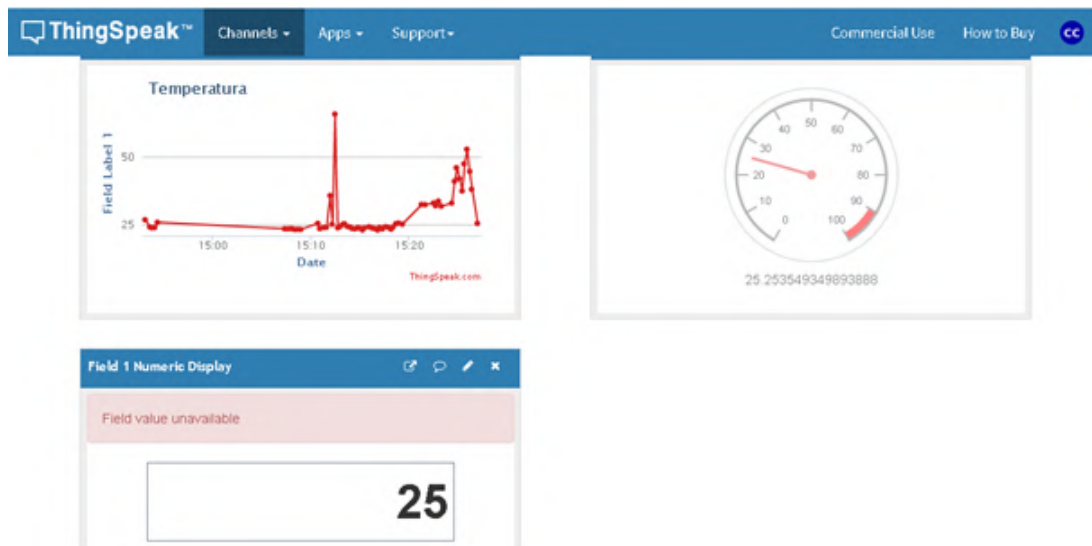


Figura 3.10: Prueba de datos ThingSpeak. Fuente: Elaboración propia

Se puede observar las temperaturas tomadas con el sensor, los picos que se obtuvieron fue cuando se calentó más la superficie metálica, en la versión gratuita de la Plataforma IoT ThingSpeak permite realizar muestreo de datos con intervalos de tiempo de 15 segundos en adelante. Con la API Keys que genera la plataforma se puede realizar lectura y escritura de los datos, en cada canal creado es posible tener hasta ocho entradas, para el caso de este proyecto se va a usar un canal para las temperaturas resgistradas.

3.3. Diseño del sistema embebido

En esta sección se encuentra la programación en python del sensor Mlx90640 y la articulación de la tarjeta de desarrollo raspberry pi4 con el sensor matricial infrarrojo 32x24.

3.3.1. Programación sensor Mlx90640 32x24 en Python para la Raspberry pi 4

A continuación se muestra el trabajo realizado con el sensor Mlx90640, en la figura 3.11 se observa el diagrama de flujo de la programación realizada. En este programa se utilizó la librería *adafruit-mlx90640*. Para el trabajo matricial con pixeles es necesario trabajar con *numpy*, este es el paquete fundamental para la computación científica en Python; es una biblioteca que proporciona un objeto de matriz multidimensional. Varios objetos derivados como matrices y matrices enmascaradas y una variedad de rutinas para operaciones rápidas en matrices que incluyen manipulación matemática, lógica, de formas y clasificación.

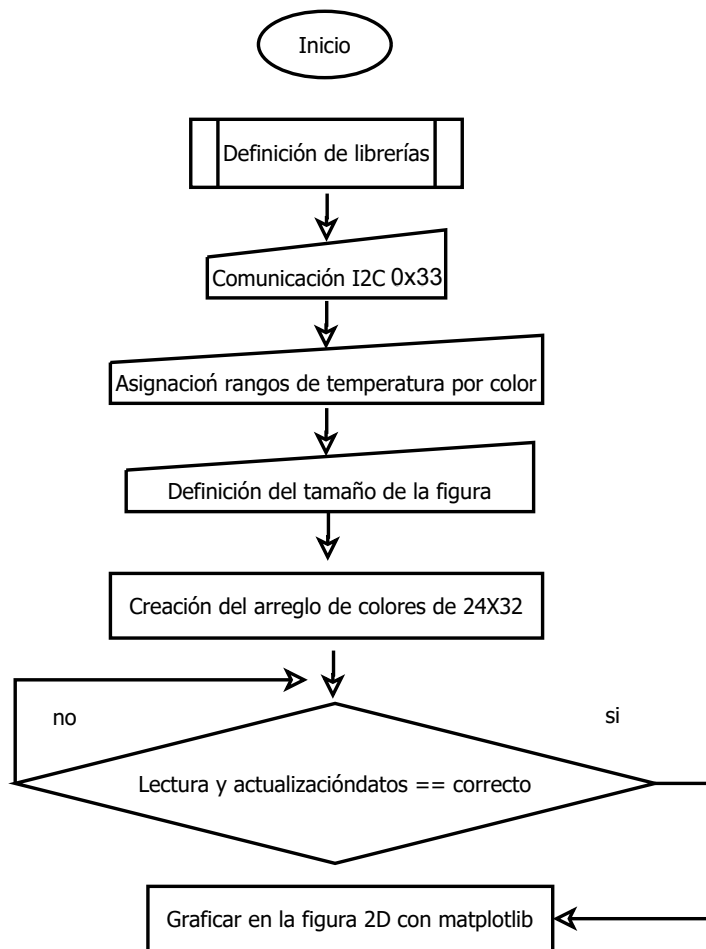


Figura 3.11: Diagrama de flujo programación Mlx90640. Fuente: Elaboración propia.

Adicional a lo anterior, es necesario usar *Matplotlib*, que es una biblioteca para hacer gráficos 2D de matrices en Python; al igual que la biblioteca *SciPy* que es una colección de algoritmos numéricos y cajas de herramientas específicas de dominio, que incluyen procesamiento de señales, optimización y estadísticas.

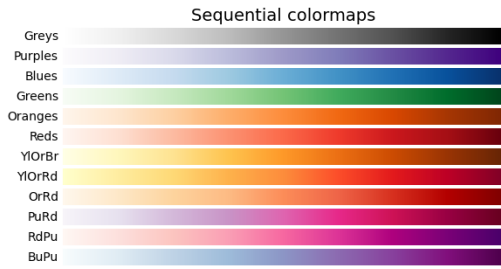
Se definió la librería *Mlx90640* que se utiliza en las aplicaciones de software para las pruebas realizadas con este sensor. Luego se trabajó el diagrama de flujo de la programación realizada, en este programa se utilizó la librería *adafruitmlx90640* que se explicó con anterioridad. También se usó *matplotlib* para graficar la ventana en dos dimensiones, para graficar los valores de cada pixel y asignar un color a cada temperatura. Del mismo modo se hizo uso de *numpy* as *np* y *scipy.interpolate* para el trabajo matricial con el arreglo de 32x24 medidas de temperatura del sensor.

El anterior programa comienza definiendo las librerías `import numpy as np`, `import matplotlib as plt`, `from scipy import ndimage`, `import adafruitmlx90640`. Seguido se hizo la asigna-

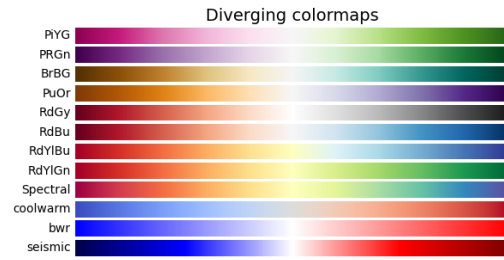
ción del tamaño de 32x24 pixeles del sensor y la frecuencia para refrescar los frames (cuadros), al igual que se define el protocolo de comunicación I2C asignando SDA y SCL, donde el sensor Mlx90640 tiene asignado la dirección 0x33 para la comunicación serial descrita.

Luego se inicializa el sensor, para procesar el arreglo que se grafica en dos dimensiones, se define el ancho y alto de la ventana donde se muestra la cámara térmica al igual que los valores mínimos y máximos de los datos, se dibujan las aristas, se dibuja el fondo, la imagen antigua, luego se muestra la imagen nueva y su muestreo depende la frecuencia asignada. Las librerías utilizadas simplifican la programación, ya que hay clases, objetos, atributos y métodos de las librerías mencionadas que facilitan el tratamiento de imágenes y la impresión de la figura. Para la selección de mapas de colores en *Matplotlib* se realizaron pruebas con base en las características de clases de mapas de colores.

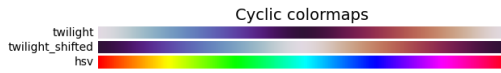
En la figura **3.12a**, están los mapas de colores secuencial, estos se usan para ambientes con cambios en la luminosidad, saturación del color de forma incremental, en un solo tono y que represente información en orden. En este proyecto se realizó pruebas con los colores 'Greys', 'Purples', 'Blues', 'Greens', 'Oranges', 'Reds', 'YlOrBr', 'YlOrRd', 'OrRd', 'PuRd', 'RdPu', 'BuPu', 'GnBu', 'PuBu', 'YlGnBu', 'PuBuGn'. En este caso los mejores resultados se registraron con el color 'Reds', adicional de las características de este trabajo que tiene cambios en la luminosidad y color de forma ascendente [35].



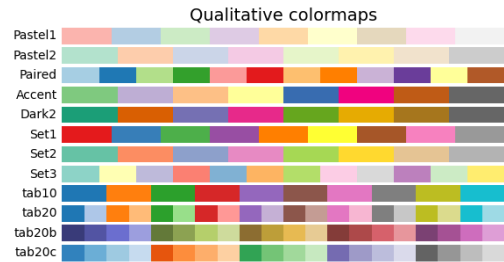
(a) Mapa de color secuencial



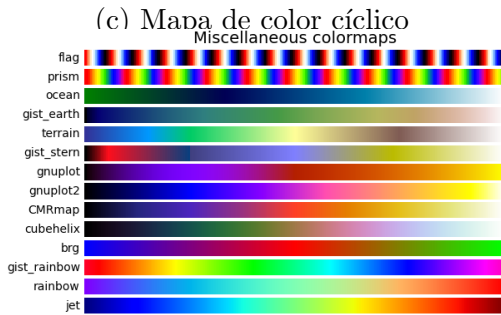
(b) Mapa de color divergente



(c) Mapa de color cíclico



(d) Mapa de color cualitativo



(e) Mapa de color varios

Figura 3.12: Mapas de colores en Matplotlib. [35]))

Los mapas de colores divergentes están en la figura 3.12b, se usa especialmente en ambientes con cambio en la luminosidad y saturación de dos colores diferentes que se encuentran en el medio en un color no saturado. Se usa cuando los datos se desvían alrededor de cero. En este trabajo se hicieron pruebas con los colores 'PiYG', 'PRGn', 'BrBG', 'PuOr', 'RdGy', 'RdBu', 'RdYlBu', 'RdYlGn', 'Spectral', 'coolwarm', 'bwr', 'seismic'. Los mejores resultados se obtuvieron con el color 'bwr', pero por las características de los mapas de colores descritos, los resultados no se apadnan a lo solicitado en los requerimientos ya que en la captura matricial térmica de la superficie de los paneles no existe el punto cero.

Se trabajó con el mapa de colores de la figura **3.12c** cíclico, 'twilight', 'twilight_shifted', 'hsv'. Por las cualidades de este mapa donde trabaja en ambientes con cambios en la luminosidad de dos colores diferentes que se encuentran en el medio y comienzan o terminan en un color no saturado; no sirve para el desarrollo de las imágenes térmicas y no es clara la silueta de la imagen térmica.

En la figura **3.12d** están los mapas de colores cualitativos 'Pastel1', 'Pastel2', 'Paired', 'Accent', 'Dark2', 'Set1', 'Set2', 'Set3', 'tab10', 'tab20', 'tab20b', 'tab20c'. Este mapa se usa para representar información que no tiene orden ni relaciones definidas; en este caso las imágenes térmicas de la superficie de los paneles si tiene un orden incremental o decremental en la temperatura de la superficie de los paneles dependiendo de la irradiancia. Por lo tanto, los resultados fueron de imágenes no definidas y pixeladas.

En la última figura **3.12e** se trabajó con los colores 'flag', 'prism', 'ocean', 'gist_earth', 'terrain', 'gist_stern', 'gnuplot', 'gnuplot2', 'CMRmap', 'cubehelix', 'brg', 'gist_rainbow', 'rainbow', 'jet' [35]. Los mejores resultados se obtuvieron con el color 'jet' ya que por las características de cambios en la luminosidad, saturación de color de forma incremental y sido creados para trazar juntos la topografía (verde/marrón) y la profundidad de los colores. Las imágenes térmicas obtenidas de la superficie de los paneles fueron óptimas en cuanto a imágenes con temperaturas mayores a 30°C.

En la programación de sensor Mlx90640 32x24 en Python para la Raspberry pi 4 se seleccionó de la librería **Matplotlib** el color **jet** quedando la línea de código así:

```
plt.cm.jet,vmin=25,vmax=45
```

3.3.2. Modelo versión inicial

Una vez terminada la programación del sensor Mlx90640 32x24 en Python para la Raspberry pi 4, se realizaron las pruebas con la tarjeta de desarrollo y el sensor matricial Mlx90640, ver figura 3.13. La memoria interna micro SD utilizada fue de 32[GB], la fuente de alimentación el adaptador oficial raspberry de salida de 5[V] a 3[A], luego se conectó un monitor por el puerto HDMI y se hizo la instalación del controlador del sensor, apertura del protocolo de comunicación I2C e instalación de las librerías necesarias para su funcionamiento.

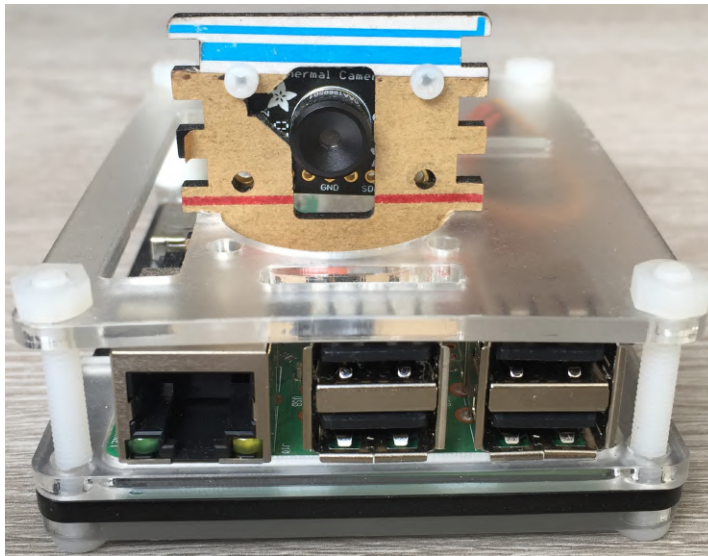


Figura 3.13: Versión inicial del sistema de monitoreo térmico. Fuente: Elaboración propia.

Apertura de puertos en raspi-config Tool: En la URL <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/configuration.html>, se encuentra la página oficial de raspberry, en este sitio están los pasos para activar o desactivar los puertos:

P1 camera

P2 SSH

P3 VNC

P4 SPI

P5 I2C

P6 Serial Port

P7 1-Wire

P8 Remote GPIO

Por LXTerminal se escribe:

```
sudo raspi-config
```

Se selecciona la opción 3 de la figura 3.14:

Interface Options-Configure performance setting

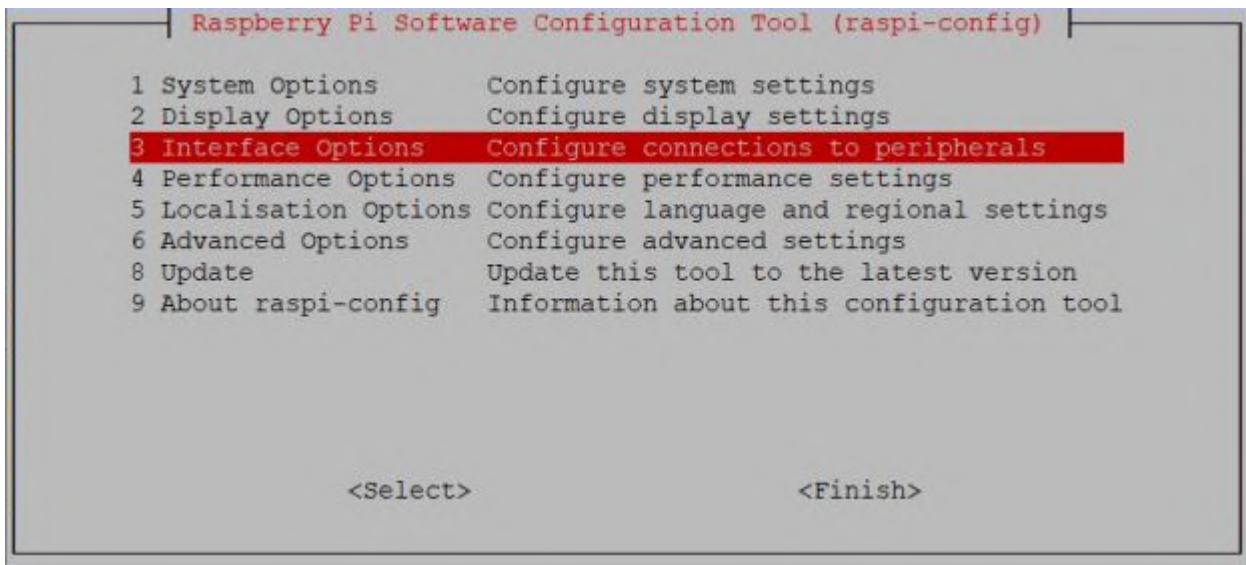


Figura 3.14: Herramienta de configuración del software. Fuente: Elaboración propia.

En esta fase inicial se deben activar los puertos P2 SSH y P3 VNC, para realizar la comunicación de forma remota con la tarjeta; el P8 Remote GPIO para trabajar con los 40 pines de entrada/salida de propósito general y el I2C para conectar el sensor infrarrojo térmico matricial Mlx90640.

3.3.3. Modelo versión final

Una vez se hizo la configuración e instalación de las librerías citadas con anterioridad, se instaló la pantalla táctil resistiva con entrada HDMI de 3.5 pulgadas que tiene las siguientes características:

Tabla 3.5: Características principales de la pantalla. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Valores
Consumo de potencia	0,18A x 5V
Resolución	320 x 480
Frecuencia de actualización	60FPS
Dimensiones	85,5x60,6mm



Figura 3.15: Pantalla touch 3.5 pulgadas. Fuente: Elaboración propia.

Para utilizar la pantalla LCD de forma táctil, se instaló el controlador MPI3508 que proporciona el fabricante de la pantalla. Luego se instaló el controlador desde la terminal:

```
sudo ./MPI3508-show
```

A continuación están las pruebas realizadas con la pantalla resistiva:



Figura 3.16: Prueba de pantalla resistiva. Fuente: Elaboración propia.

El montaje de la pantalla se conecta en los pines 1(3.3v)-2(5v)-3(SDA)-4(5v)-5(SCL)-6-7-8-9(GND)-10(RX)-11(GPIO17)-12(GPIO18)-13(GPIO27)-14(GND)-15(GPIO22)-16(GPIO23)-17(3.3v)-18(GPIO24)-19(MOSI)-20(GND)-21(MISO)-22(GPIO25)-23(SCLK)-24(SPIO CS0)-25(GND)-26(SPIO CS1), es necesario conectar los pines 1(3.3v)-3(SDA)-5(SCL) y 9(GND) a la entrada del sensor Mlx90640.

La Cámara pi V2 de 8MPX con tecnología Sony IMX219 tiene las siguientes características:

Tabla 3.6: Características principales de la cámara. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Valores
Resolución imagen	3280 x 2464
Resolución video	1080P a 30FPS
Puerto conexión	CSI
Dimensiones	25x20x9mm

La cámara pi V2 de 8MPX va conectada al puerto CSI(Camera Serial Interface) de la tarjeta de desarrollo raspberry pi4, este puerto está diseñado especialmente para conectar la

cámara por medio de una cinta plana de 15 líneas. El bus CSI transporta exclusivamente datos de píxeles al procesador, de esta forma su velocidad de transmisión es óptima. Las imágenes tomadas tienen dimensiones de 600x400 píxeles y la imagen de mayor tamaño no superó los 0,5MB; luego de instalar los recursos necesarios de la Raspberry el espacio disponible para almacenamiento de los 32000MB de la micro SD es de 28000MB, por lo tanto se puede almacenar hasta aproximadamente 56000 imágenes en la memoria interna.

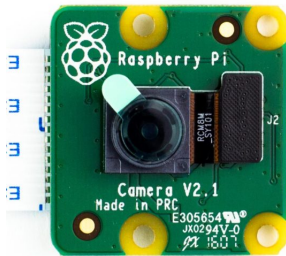


Figura 3.17: Cámara pi V2 de 8MPX. Fuente: Elaboración propia.

Para que la cámara sea reconocida por la tarjeta raspberry pi 4, se escribe por LXTerminal:

```
sudo raspi-config
```

De esta forma se ingresa a la herramienta de configuración del software y luego se debe activar el puerto:

Primero, se selecciona la opción: Interface Options-Configure performance setting

Segundo, se activa la cámara en la opción:

```
P1 Camera-Enable/disable connection to the Raspberry Pi camer
```

De esta forma la Raspberry pi 4 reconoce la cámara conectada al puerto CSI.

Para usar la cámara pi V2 se debe instalar e importar las siguientes librerías:

```
sudo apt-get install python-picamera
```

```
import time
```

A continuación, se realizó la prueba de reconocimiento de sensores, funcionamiento del programa, conectividad wifi y transmisión de datos con la plataforma ThingSpeak, ver figura 3.18. Este modelo difiere del modelo inicial planteado, que esta vez cuenta con un sistema de alimentación compuesto por una batería de 3,7 voltios con corriente de 3000[mAh], la integración de la pantalla touch de 3.5 pulgadas y la cámara pi V2 de 8MPX con tecnología Sony IMX219 de resolución 3280x2464.



Figura 3.18: Modelo final del sistema embebido de monitoreo térmico. Fuente: Elaboración propia.

Cuando el usuario enciende el dispositivo de monitoreo térmico, automáticamente ingresa a la ventana que se muestra a continuación 3.19; en los ejes "x" (horizontal) y "y" (vertical) se encuentra la magnitud en centímetros de la base y la altura del área máxima que captura el sensor matricial infrarrojo Mlx90640. En la barra lateral derecha de la imagen, se ubica la escala de temperaturas la cual ajusta su valor de forma automática. Por último, en esta versión final del dispositivo se encuentra en la parte inferior izquierda el botón de guardar las imágenes térmicas.

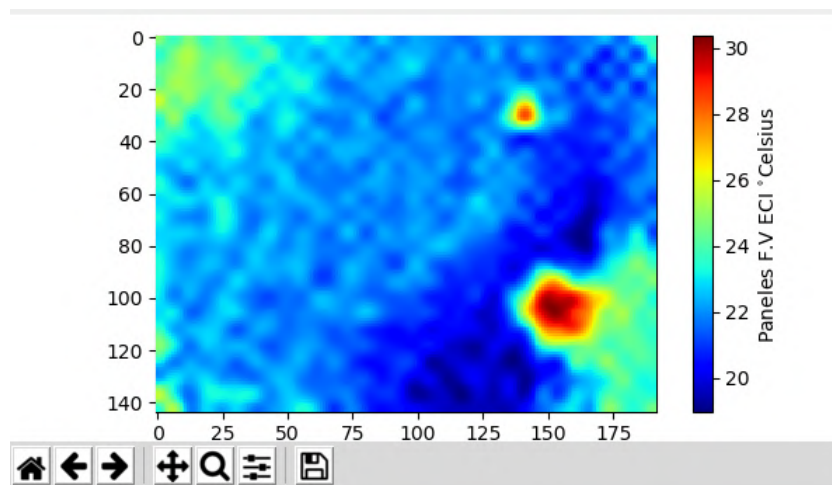


Figura 3.19: Interfaz de usuario del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Programación del sistema de adquisición de datos diseñado

Para finalizar este capítulo, se expone el sistema de adquisición de datos diseñado para tomar los registros de corrientes y temperatura que se desarrolló en una tarjeta Arduino Uno, integrado a un sensor de temperatura PT100 y dos sensores de corriente Ina219. El fin fue programar el Arduino para capturar de forma simultánea los datos de corriente de los paneles Kyocera 1 y 2; al igual que los registros de temperatura de su superficie para utilizarlos en los análisis de resultados del capítulo 5. La programación se realizó de tal forma que los datos fueron capturados con intervalos de tiempo no mayores a 1 segundo y guardados en una hoja de cálculo. En la figura 3.20 se define la programación de la DAQ:

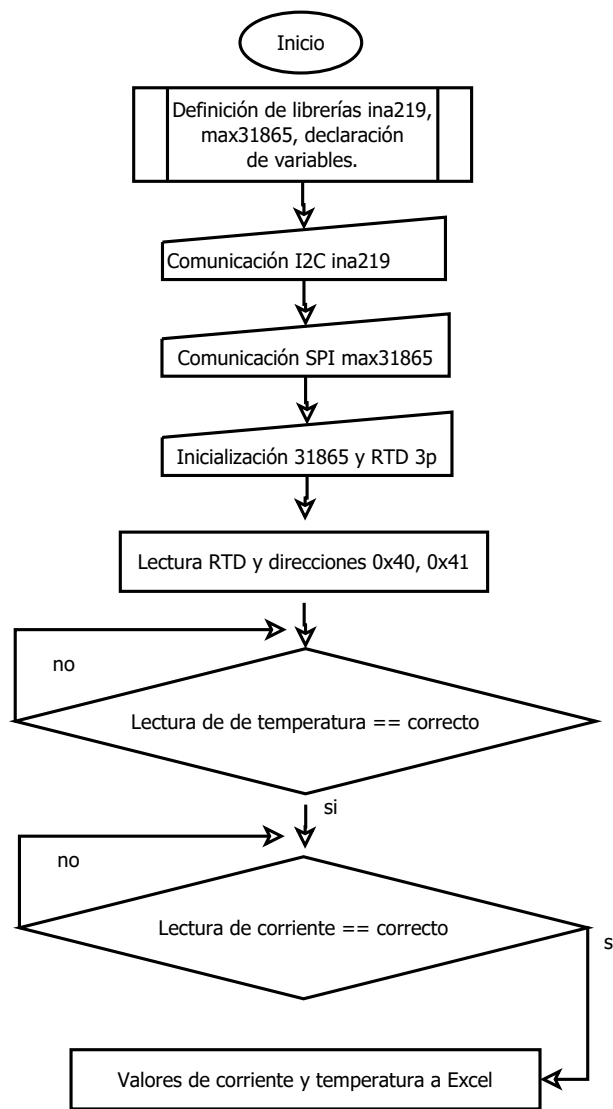


Figura 3.20: Diagrama de flujo programación DAQ. Fuente: Elaboración propia.

```
#define RREF 430  
#define RNOMINAL 100
```

En el algoritmo se definió la librería ina219 del fabricante del sensor Adafruit `< Adafruit_INA219.h >` y la librería `#include < Wire.h >` para la conexión A0 y A1 que definen la dirección I2C. Del mismo modo, se declaró la direcciones I2C Adafruit_INA219 INA219_1 (0x40) sin unir pines A0 ni A1 y la dirección I2C Adafruit_INA219 INA219_2 (0x41) con los pines unidos de A0. Luego se declaró la librería `< Adafruit_MAX31865.h >` y la librería para usar el puerto de comunicación SPI `#include < SPI.h >`. Se definió los pines SPI conectados del MAX31865 al arduino Adafruit_MAX31865 thermo = Adafruit_MAX31865(10, 11, 12, 13); después los pines SPI conectados del MAX31865 al arduino y el valor Rref de 430Ω determinado por el fabricante para el PT100. Para terminar esta programación, se declaró las variables flotantes corriente1 y corriente2 para las lecturas de los sensores ina219, se inicializó los sensores ina219 y max31865 y se seleccionó el RTD PT100 de tres pines RTD+, RTD- y F+. Por último se hizo las lecturas del RTD y las direcciones I2C 0x40-0x41 y se envió los datos de corrientes y temperaturas a una hoja de cálculo.

En el siguiente capítulo se estudiarán las pruebas de distancia, transmisión de datos a la plataforma ThingSpeak y el DAQ(sistema de adquisición de datos) de corriente vs temperatura con su respectiva validación.

Capítulo 4

Casos de estudio

El sistema estudiado se encuentra ubicado en las coordenadas $4^{\circ} 46' 56''$ N y $74^{\circ} 02' 37''$ W con una elevación de aproximadamente 2556 msnm en Bogotá-Colombia [36]; ciudad que tiene una radiación global media recibida en superficie de $4037,7 \text{ Wh/m}^2$ en promedio anual y su intervalo de irradiación se encuentra entre 4 Wh/m^2 y $4,5 \text{ Wh/m}^2$ [7]. Para el caso de este estudio, es un sistema aislado de red (off grid) con dos paneles policristalinos de 87 Wp conectados en paralelo y dispone de un banco de baterías de descarga profunda de 12 voltios y 105 Amperios hora; un regulador con capacidad de 12/24 V a 30 A, un barraje CD para cargas de 180W y un inversor de CD/AC con una potencia de 1000W, adicional de un banco con diferentes medidores de corriente, voltaje y potencia [19]. Es relevante tener en cuenta que cerca de las instalaciones descritas hay un afluyente vehicular muy alto, ya que es la avenida principal de ingreso y salida terrestre por el norte de Bogotá, lo cual, expone a la superficie de los paneles a polvo y a continuas partículas derivadas de los gases emitidos por los carros que circulan sobre la autopista Norte. A continuación se va a mostrar las pruebas realizadas con los sensores y la plataforma de acceso web ThingSpeak.

4.1. Pruebas de distancia con los sensores matriciales infrarrojos

En el capítulo anterior se seleccionó el sensor Mlx90640 en el diseño del sistema embebido versión inicial y final. Sin embargo, con el fin de comparar las imágenes térmicas entre el sensor Mlx90640 y Amg8833 se realizaron las pruebas con los siguientes parámetros: una distancia de 50cm entre el objeto y el sensor, una posición perpendicular del lente del sensor respecto a la superficie del objeto. En este caso se utilizó un tablero acrílico con tamaño de 120cm X 80cm y cuadrículas, con el fin de conocer el área que podían abarcar los sensores a la distancia estipulada.

4.1.1. Pruebas con el sensor Amg8833

Con base en la descripción del sensor Amg8833 visto en el punto 2.7.1 del marco teórico y en el punto 3.2.1 del capítulo anterior. Se hizo el análisis para determinar la distancia en la cual se debe colocar el sensor para capturar las imágenes térmicas del Panel Solar Fotovoltaico Kyocera KC85T 87Wp con el que se realizó las pruebas de medición de temperatura en el laboratorio de energía de la Escuela, ver figura 4.1. El panel tiene las medidas de 100cm x 65cm, en este caso el sensor tiene una matriz cuadrada de temperaturas, por lo que se va a hacer el cálculo para un área de 100cm x 100cm [37]:

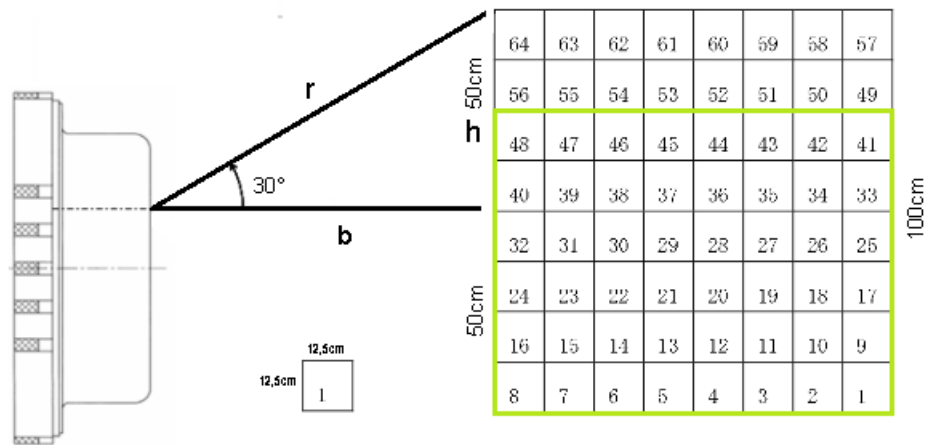


Figura 4.1: Prueba módulo Kyocera. Fuente: elaboración propia

Análisis con $\theta = 30^\circ$, $h = 50cm$

$$\tan\theta = \frac{h}{b} \quad \tan 30^\circ = \frac{50cm}{b} \quad b = \frac{50cm}{\tan 30^\circ} \quad b = 86cm \quad (4.1)$$

Del anterior cálculo se puede ver que la distancia que debe haber entre el sensor Amg8833 y el módulo solar Kyocera FV PV 87Wp debe ser de 86cm para lograr abarcar toda el área del panel. De la misma forma se encuentra que el valor de cada píxel es 100cm dividido en los 8 píxeles y eso da un valor de 12,5cm por lo tanto solo sería necesario utilizar los píxeles de la 1 a la 41, o sea de las direcciones 0xD1 hasta la 0xD1 para establecer los valores de temperatura sobre la superficie del panel.

Los resultados obtenidos con el sensor Amg8833 en la figura 4.2, fue que a 10 centímetros de distancia el sensor capturaba las temperaturas con una buena resolución, pero a 50cm la capacidad de detección del sensor se reduce mucho y no es posible estimar el área que abarca el sensor, porque que no captura las temperaturas.

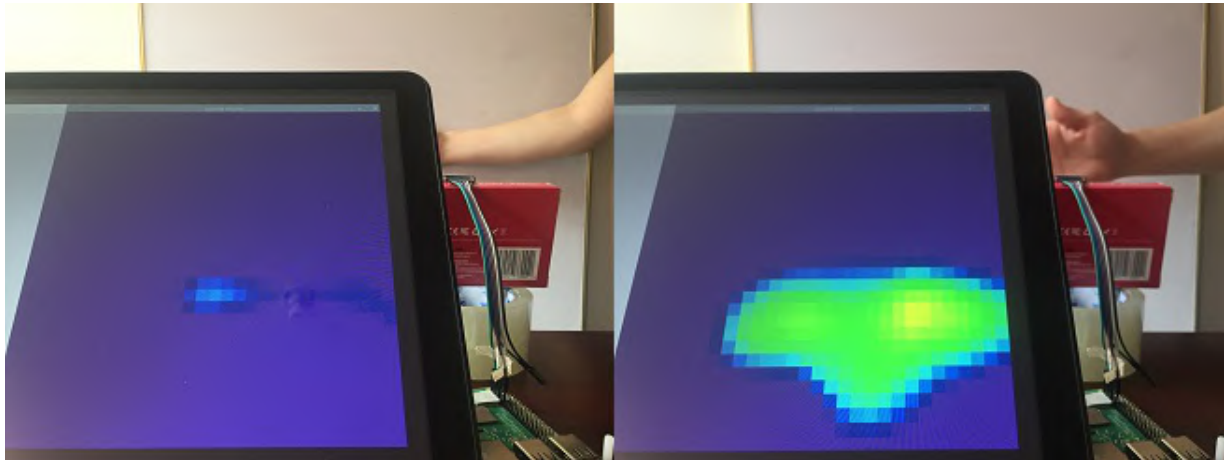


Figura 4.2: Detección a 10 y 50cm. Fuente: Elaboración propia

Para el registro térmico fotográfico este sensor funciona muy bien, pero a distancias muy cortas; los cálculos realizados estiman que a una distancia de 86cm entre el objetivo y el sensor, sería suficiente para capturar el área de del panel solar Kyocera KC85T 87Wp con medidas de 100cm x 65cm, los resultados en la práctica distan de esos cálculos teóricos, este sensor funciona muy bien como cámara térmica pero a una distancia máxima de 30cm.

4.1.2. Pruebas con el sensor Mlx90640

Con base en el punto 2.7.2 del marco teórico y el punto 3.2.4 de la metodología, se realizó el análisis para determinar la distancia en la cual se debe colocar el sensor para capturar las imágenes térmicas del Panel Solar Fotovoltaico Kyocera KC85T 87Wp con el que se van a realizar las pruebas de medición de temperatura en el laboratorio de energía de la Escuela. El panel tiene las medidas de 100cm x 65cm:

Para la medida de 100cm de un lado del panel solar Kyocera se tiene que:

Análisis con $\theta = 55^\circ$, $h = 50cm$

$$\tan\theta = \frac{h}{b} \quad \tan 55^\circ = \frac{50cm}{b} \quad b = \frac{50cm}{\tan 55^\circ} \quad b = 35cm \quad (4.2)$$

Del anterior cálculo se puede ver que la distancia que debe haber entre el sensor Mlx90640 y el módulo solar Kyocera FV PV 87Wp debe ser de 35cm para lograr abarcar toda el área del panel. De la figura 4.3 se puede observar que en este caso el radio de captación infrarroja es de 50cm y de 100cm de diámetro de para establecer los valores de temperatura sobre la superficie del panel.

Los parámetros que se utilizaron fueron: una distancia de 50cm entre el objeto y el sensor, una posición perpendicular del lente del sensor respecto a la superficie del objeto. En este caso

se utilizó un tablero acrílico con cuadrículas con el fin de conocer el área que podían abarcar los sensores a la distancia estipulada. Según los cálculos realizados anteriormente, para la distancia máxima del sensor y para los cálculos del módulo panel solar Kyocera KC85T 87Wp con medidas de 100cm x 65cm, se tiene que para abarcar un lado de 100cm, solo es necesario una distancia de 35cm entre el objetivo y el sensor. En las prácticas realizadas se determinó que a 50cm el área que capturaba el sensor de forma óptima fue de 138cm X 74cm.



Figura 4.3: Detección de las esquinas. Fuente: Elaboración propia

El área que abarcó el sensor a 35cm de distancia con el tablero fue de 100cm X 80cm, medidas suficientes para realizar las prácticas con el panel solar Kyocera. En la figura 4.4 se muestra los resultados de detección de las temperaturas de las diagonales que se obtuvo con el sensor con el fin de estimar la resolución y capacidad de sensado.



Figura 4.4: Detección de la diagonal y esquina. Fuente: Elaboración propia

Lo que se puede concluir con estas prácticas, es que el sensor seleccionado en el capítulo anterior es el más adecuado, ya que el sensor Mlx90640 obtuvo los mejores resultados en cuanto a la superficie de detección y la resolución de imagen.

4.2. Prueba plataforma ThingSpeak

4.2.1. Prueba de conexión y comunicación con el sitio web ThingSpeak

En la sección 2.8.2 del del marco teórico y la sección 3.2.7 de la metodología, está la definición y la prueba inicial con la plataforma ThingSpeak. En la figura 4.5 está el registro de datos de temperaturas subidos el día 9, 23 y 27 de julio 2021.

My Channels

[New Channel](#)

Name ↕	Created ↕	Updated ↕
🔒 27-07-2021 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2021-06-25	2021-07-27 14:59
🔒 9-7-2021 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2021-07-09	2021-07-09 15:33
🔒 23-07-2021 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2021-07-16	2021-07-23 15:11
🔒 18-03-2022 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2022-03-18	2022-03-18 12:12

Figura 4.5: Conexión sistema embebido y ThingSpeak. Fuente: Elaboración propia.

La comunicación entre la tarjeta de desarrollo Raspberry pi4 se hace por medio de la API Keys que genera la plataforma ThingSpeak, en la versión libre utilizada para el desarrollo de este proyecto, se utilizó la versión libre donde se puede crear un máximo de 4 canales donde se pueden realizar lectura y escritura de los datos, y en cada canal creado es posible tener hasta ocho entradas/salidas. Para la escritura de cada canal la plataforma generó las siguientes API Keys, ver tabla 4.1 .

Tabla 4.1: API Keys de escritura en ThingSpeak. Fuente: Elaboración propia

Fecha	API Keys
9-7-2021	$api_{key} = KQ6HEAT8BBQINTAJ\&field1$
23-07-2021	$api_{key} = KQ6HEAT8BBQINTAJ\&field1$
27-07-2021	$api_{key} = OSFYMJ7WNARROAWY0\&field1$
18-03-2022	$api_{key} = L2P4Y4S0LAL33102\&field1$

En la tabla 4.2, está la muestra de 30 datos de temperatura transmitidos a la plataforma ThingSpeak durante los días 9 y 23 de julio 2021.

Tabla 4.2: Prueba transmisión datos ThingSpeak 9-7-2021 y 23-7-2021. Fuente: Elaboración propia.

Datos ThingSpeak 9-7-2021	Datos ThingSpeak 23-7-2021
2021-07-09T15:41:46+00:00,3,26.879458268544226,,,,	2021-07-23T15:11:30+00:00,1,20.735950044382093,,,,
2021-07-09T15:42:01+00:00,4,29.40213182767917,,,,	2021-07-23T15:11:45+00:00,2,22.57739430105363,,,,
2021-07-09T15:42:17+00:00,5,25.196058390880864,,,,	2021-07-23T15:12:00+00:00,3,22.898991225063355,,,,
2021-07-09T15:42:32+00:00,6,29.70788866785216,,,,	2021-07-23T15:12:15+00:00,4,22.206371185295154,,,,
2021-07-09T15:42:48+00:00,7,27.85872324480158,,,,	2021-07-23T15:12:31+00:00,5,22.055725428969538,,,,
2021-07-09T15:43:03+00:00,8,29.885923117162008,,,,	2021-07-23T15:12:46+00:00,6,22.86545117951755,,,,
2021-07-09T15:43:18+00:00,9,28.677421288943663,,,,	2021-07-23T15:13:01+00:00,7,22.690630855333836,,,,
2021-07-09T15:43:34+00:00,10,30.12094788972354,,,,	2021-07-23T15:13:16+00:00,8,21.522423715173886,,,,
2021-07-09T15:43:49+00:00,11,26.03795079027742,,,,	2021-07-23T15:13:31+00:00,9,22.501586555972494,,,,
2021-07-09T15:44:05+00:00,12,30.354550290220573,,,,	2021-07-23T15:13:47+00:00,10,21.89061928441987,,,,
2021-07-09T15:44:20+00:00,13,28.716772587847515,,,,	2021-07-23T15:14:02+00:00,11,22.635225524263035,,,,
2021-07-09T15:44:35+00:00,14,29.63236619401397,,,,	2021-07-23T15:14:17+00:00,12,21.643689138183902,,,,
2021-07-09T15:44:51+00:00,15,27.282015691413392,,,,	2021-07-23T15:14:32+00:00,13,22.43335532251937,,,,
2021-07-09T15:45:06+00:00,16,30.931877271468863,,,,	2021-07-23T15:14:48+00:00,14,22.34071018830025,,,,
2021-07-09T15:45:21+00:00,17,26.53559462417553,,,,	2021-07-23T15:15:03+00:00,15,21.90306087458555,,,,
2021-07-09T15:45:37+00:00,18,30.2015953567236,,,,	2021-07-23T15:15:19+00:00,16,21.11738370550296,,,,
2021-07-09T15:45:52+00:00,19,26.2698552940862,,,,	2021-07-23T15:15:34+00:00,17,20.81494286295174,,,,
2021-07-09T15:46:08+00:00,20,29.14211982297752,,,,	2021-07-23T15:15:49+00:00,18,21.278444447364677,,,,
2021-07-09T15:46:23+00:00,21,25.41305754527923,,,,	2021-07-23T15:16:05+00:00,19,20.494090750786597,,,,
2021-07-09T15:46:38+00:00,22,31.371718376627996,,,,	2021-07-23T15:16:20+00:00,20,22.36648818839359,,,,
2021-07-09T15:46:53+00:00,23,29.049070568082072,,,,	2021-07-23T15:16:35+00:00,21,23.153136518026542,,,,
2021-07-09T15:47:09+00:00,24,30.466041586436745,,,,	2021-07-23T15:16:51+00:00,22,23.108485362147917,,,,
2021-07-09T15:47:24+00:00,25,27.370746947669147,,,,	2021-07-23T15:17:06+00:00,23,22.411310135589417,,,,
2021-07-09T15:47:39+00:00,26,29.85625193290025,,,,	2021-07-23T15:17:21+00:00,24,20.87900494681901,,,,
2021-07-09T15:47:54+00:00,27,27.595746082730784,,,,	2021-07-23T15:17:37+00:00,25,22.216588171200442,,,,
2021-07-09T15:48:10+00:00,28,26.374288166443932,,,,	2021-07-23T15:17:52+00:00,26,23.070289675953802,,,,
2021-07-09T15:48:25+00:00,29,26.532253361297307,,,,	2021-07-23T15:18:07+00:00,27,22.354303176814028,,,,
2021-07-09T15:48:40+00:00,30,24.9588152106503,,,,	2021-07-23T15:18:22+00:00,28,21.97803124479458,,,,
2021-07-09T15:48:55+00:00,31,25.697913383079538,,,,	2021-07-23T15:18:39+00:00,29,22.481657868706066,,,,
2021-07-09T15:49:11+00:00,32,24.072693727754995,,,,	2021-07-23T15:18:54+00:00,30,22.610745005139734,,,,

En la siguiente sección está el DAQ para la adquisición de datos de temperatura y corriente con los sensores PT100 e Ina219.

4.3. Sistema de adquisición de datos(DAQ) de corriente y temperatura

4.3.1. Monitor de corriente ina219

Para realizar la medida de los datos de corriente de cada panel solar fotovoltaico Kyocera KC85T 87Wp conectados en paralelo, se utilizó el sensor de corriente ina219 que tiene las siguientes características(ver anexo 5):

Tabla 4.3: Características del sensor ina219. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	3,3V o 5V
Interfaz de comunicación	I2C: 0x40, 0x41, 0x44, 0x45 seleccionables con A0 y A1
Rango de medición de voltaje	hasta 26V
Rango de medición de corriente	hasta $\pm 3,2A$
Resolución en corriente	$\pm 0,8mA$
Precisión	1%

Se utilizó un Arduino Uno para conectar los dos sensores de corriente ina219 al puerto I2C, donde el sensor izquierdo tiene la dirección 0x40 y el sensor derecho la 0x41, es necesario unir los dos pines A0 para que el ina219 se configure con dirección 0x41 la dirección I2C por defecto es 0x40, o sea sin unir pines de A0 o A1.

```
Adafruit_INA219 INA219_1 (0x40); // dirección I2C por defecto sin unir pines de A0 ni A1
Adafruit_INA219 INA219_2 (0x41); // dirección I2C con los pines unidos de A0
```

En la figura 4.6 se puede ver el dispositivo diseñado e implementado, están los dos sensores ina219 con un disipador de calor aluminio sobre cada una de las resistencias SMD, al igual que las conexiones SDA y SCL del protocolo de comunicación I2C.



Figura 4.6: Módulo sensor de corriente y temperatura. Fuente: Elaboración propia

En el diseño anterior se debe tener en cuenta que la resistencia de montaje superficial(SMD) con la que viene el sensor es de $100\text{m}\Omega$ para medir una corriente máxima de 3,2 Amperios, en este caso se soldó en paralelo otra resistencia SMD del mismo valor con el fin de capturar medidas de corriente máxima de 6,4 Amperios, ya que el panel Kyocera tiene un máximo de corriente de 5,02 Amperios(ver anexo 2).

Usando la ley de Ohm [38] se tiene que: V es:

$$V = I * R \quad \text{por lo tanto} \quad I = \frac{V}{R} \quad (4.3)$$

En este caso se tiene que el sensor ina219 va a medir una corriente máxima igual al doble de la corriente dada por el fabricante:

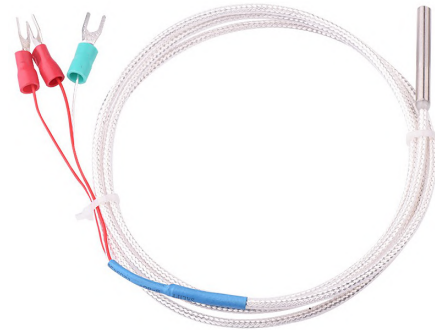
$$I = \frac{V}{R_p} \quad I = \frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}}} \quad I = \frac{V}{\frac{2}{R}} \quad I = \frac{V}{\frac{R}{2}} \quad I = 2 * \frac{V}{R} \quad (4.4)$$

La selección del anterior sensor de corriente se hizo por la posibilidad que da el fabricante de conectar simultáneamente 4 sensores por el puerto I2C, por la facilidad de adquisición en el mercado y por la capacidad de medición de corriente DC necesaria para la implementación de este proyecto.

4.3.2. Sensor de temperatura PT100 y conversor Max31865



(a) Módulo Max31865



(b) Sensor de temperatura PT100

Figura 4.7: Conversor Max31865 y PT100. Fuente: Elaboración propia

El termómetro de resistencia PT100 de la figura 4.7b, contiene un arrollamiento de hilo de platino muy fino enrollado en capas de material aislante y protegido con un revestimiento

de vidrio o cerámica. El conductor también se conoce como coeficiente de temperatura de resistencia, que es igual a la variación de temperatura respecto a la variación de la resistencia en ohmios del conductor. La variación lineal se expresa como:

$$R_t = R_0(1 + \alpha * t) \quad (4.5)$$

donde:

R_0 =resistencia en ohmios a 0°C

R_t =resistencia en ohmios a t°C

α = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de 0,003850 $\Omega/(\Omega/^\circ\text{C})$ en la escala práctica de temperaturas internacional(IPTS-68).

La PT100 utilizada en este caso es la sonda de platino de bobina con resistencia de 100 ohmios a 0°C y de uso en la industria. La forma más simple de medir temperatura con esta sonda de resistencia, es hacer circular una corriente por la sonda la cuál genera una caída de tensión; de esta forma se disipa calor en la sonda y el calentamiento aumenta la resistencia. De la misma forma, R_t aumenta a $R_{tn} = R_{tn} + R_{hilo} + R_{hilo}$.

Por ejemplo, si se conecta la sonda PT100 con dos hilos de conexión con una resistencia de 1 Ω cada una y la temperatura de la sonda es de 40°C la temperatura sería:

La DIN 43.760(IPTS-68) dice que para 40°C la $R_t = 115,539$

$$R_t = R_0(1 + \alpha * t)$$

$$R_{tn} = R_{tn} + R_{hilo} + R_{hilo} = R_0(1 + \alpha * t)$$

$$115,539 + 1 + 1 = 100(1 + 0,00385 * t)$$

$$1,17539 - 1 = 0,00385 * t$$

$$\frac{1,17539 - 1}{0,00385} = t$$

$$t=45,55^\circ\text{C}$$

por lo tanto el error es: 45,55°C-40°C= 5,55°C [39].

Con el módulo Max31865 de la (figura 4.7a), junto a la (figura 4.7b) PT100, se utilizó para hacer las mediciones de temperatura de la superficie de los paneles solares fotovoltaicos de este estudio, el código completo se puede ver en <https://github.com/carloscaviedes/DAQ-low-cost.git>. Las lecturas se tomaron con la sonda PT100 que envía una variación resistiva por cambios de temperatura, el sensor envía una señal analógica la cual es convertida en una señal digital por medio del microcontrolador del Max31865 y finalmente comunicados los datos por el puerto SPI hacía la tarjeta de desarrollo que en este caso fué un Arduino Uno, a continuación están las características principales.

Tabla 4.4: Características del módulo RTD PT100 MAX31865. Fuente: Anexo 4

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	3,3V o 5V
Interfaz de comunicación	SPI
Resolución 15 bits	0,03125°C
Precisión	0,5°C
Tiempo de conversión	21ms(max)

El conversor análogo digital del max31865 tiene una precisión de 0,5°C con una resolución de 15 bits, equivalente a 0,03125°C. En este caso se usó un PT100 de 3 hilos por lo tanto en el setup del programa la seleccionó:

`thermo.begin(MAX31865_3WIRE)` en las líneas de programación. En este caso las modificaciones del hardware que se debe hacer es unir los puntos 2/3 Wire y separar el puente entre los puntos 2-4 y unir el punto del centro con el punto 3. Es relevante tener en cuenta que la resistencia de referencia R_{ref} es de 430Ω para trabajar con el PT100 (Ver anexo 4).

4.3.3. Validación de datos del DAQ y del sistema embebido

Para la validación de los datos de corriente y temperatura del DAQ al igual que del sistema embebido de monitoreo térmico, se utilizó la pinza amperimétrica Fluke 325 4.8a y la pistola térmica infrarroja Testrite T-66 4.8b.



(a) Pinza Fluke 325



(b) Pistola térmica infrarrojo

Figura 4.8: Instrumentos para validación de datos. Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la validación de los datos de corriente obtenidos con el DAQ y medidos con la pinza amperimétrica, en la tabla 4.5 están las corrientes medidas con el sensor ina219 y la pinza; capturadas el 2 de octubre 2021 entre las 9:42 a 11:40 am.

Tabla 4.5: I(ina219) vs Fluke 325, t(PT100) vs Pistola Testrite, 2/02/2021. Fuente: Elaboración propia.

Hora	temp-pistola(°C)	temp-pt100(°C)	Diferencia(%)
9:42	38	36,13	4,91
9:49	35,4	34,05	3,80
10:01	44,7	42,56	4,78
10:08	44,6	42,48	4,76
10:16	38,7	36,50	5,69
10:20	44	42,42	3,59
10:28	43,3	41,38	4,45
10:34	42,9	40,79	4,92
10:39	46,3	44,75	3,35
10:44	49,5	47,14	4,76
10:50	48,3	46,60	3,53
10:57	54,2	51,83	4,37
11:00	54,2	51,86	4,32
11:05	53,5	51,09	4,51
11:10	55,2	53,10	3,80
11:15	48,11	45,59	5,25
11:20	41,4	39,31	5,06
11:25	42,1	40,41	4,02
11:30	41,23	39,49	4,23
11:35	32,6	31,11	4,57
11:40	38,1	36,81	3,38

Hora	I(A)=pinza	I(A), DAQ	Diferencia(%)
9:42	1,71	1,864	8,26
9:49	1,2	1,31	8,40
10:01	2,35	2,578	8,84
10:08	2,37	2,527	6,21
10:16	2,4	2,603	7,80
10:20	2,31	2,496	7,45
10:28	1,8	1,964	8,35
10:34	2,4	2,599	7,66
10:39	2,27	2,429	6,55
10:44	2,15	2,331	7,76
10:50	2,11	2,297	8,14
10:57	1,98	2,174	8,92
11:00	1,97	2,174	9,38
11:05	1,92	2,126	9,69
11:10	1,98	2,188	9,51
11:15	2,42	2,604	7,07
11:20	2,28	2,496	8,65
11:25	2,41	2,607	7,56
11:30	1,01	1,075	6,05
11:35	2,26	2,481	8,91
11:40	2,26	2,435	7,19

De los datos de la anterior tabla se tiene que de los 21 registros, la diferencia entre los datos adquiridos con la pinza amperimétrica y el sensor ina219 es: menor=6,06 %, mayor=9,69 %, promedio=8,01 %. De las temperaturas registradas, se tiene que la diferencia entre el dato medido con la pistola térmica y el sensor PT100 es: menor=3,35 %, mayor=5,69 %, promedio=4,38 %.

En la tabla 4.6 están las corrientes medidas con el ina219 y la pinza amperimétrica, capturadas el 16 de octubre 2021 entre las 10:01 a 11:00 am.

Tabla 4.6: Corrientes ina219 vs pinza amperimétrica, 16/10/2021. Fuente: Elaboración propia.

Hora	I(A)=pinza	I(A), DAQ	Diferencia(%)
10:01	2,39	2,65	9,76
10:02	2,56	2,81	8,88
10:03	2,36	2,58	8,56
10:04	2,32	2,54	8,62
10:05	2,28	2,49	8,35
10:06	1,98	2,16	8,24
10:07	1,51	1,67	9,57
10:08	1,58	1,71	7,81
10:09	1,95	2,13	8,50
10:10	1,89	2,09	9,69
10:11	1,9	2,06	7,88
10:12	2,05	2,27	9,57
10:13	1,81	1,98	8,61
10:14	1,8	1,96	8,35
10:15	1,77	1,95	9,33
10:16	1,78	1,97	9,54
10:17	1,84	2,03	9,30
10:18	2,39	2,61	8,57
10:19	2,56	2,80	8,73
10:20	2,61	2,89	9,84
10:21	2,32	2,56	9,47
10:22	1,91	2,07	7,76
10:23	2,09	2,28	8,34
10:24	2,37	2,61	9,09
10:25	2,49	2,75	9,53
10:26	2,45	2,69	8,92
10:27	2,52	2,78	9,31
10:28	2,52	2,79	9,68
10:29	2,36	2,58	8,62
10:30	2,19	2,41	9,10

Hora	I(A)=pinza	I(A), DAQ	Diferencia(%)
10:31	2,08	2,27	8,25
10:32	1,91	2,09	8,54
10:33	1,52	1,65	7,95
10:34	1,39	1,51	8,13
10:35	1,45	1,58	8,39
10:36	1,56	1,71	8,57
10:37	1,89	2,04	7,42
10:38	2,28	2,51	9,05
10:39	2,35	2,56	8,19
10:40	2,49	2,70	7,91
10:41	2,07	2,22	6,83
10:42	2,25	2,49	9,61
10:43	2,34	2,57	9,02
10:44	2,38	2,59	8,27
10:45	2,02	2,23	9,41
10:46	1,82	2,00	8,85
10:47	1,79	1,95	8,20
10:48	1,89	2,06	8,33
10:49	2,39	2,57	7,02
10:50	2,51	2,73	8,11
10:51	2,53	2,76	8,42
10:52	2,59	2,81	7,73
10:53	2,57	2,79	7,89
10:54	2,48	2,67	7,29
10:55	2,39	2,63	9,22
10:56	2,33	2,56	9,05
10:57	2,28	2,45	7,13
10:58	2,19	2,36	7,08
10:59	2,15	2,34	8,23
11:00	2,19	2,43	9,75

De la anterior tabla se tiene que de los 60 datos, la diferencia entre el dato tomado con la pinza amperimétrica y el sensor ina219 es: menor=7,02 %, mayor=9,84 %, promedio=8,59 %.

En la tabla 4.7 están las temperaturas medidas con la pistola térmica y el sensor PT100.

Tabla 4.7: Temperatura PT100 vs pistola térmica, 16-10-2021. Fuente: Elaboración propia.

Hora	temp-pistola(°C)	temp-pt100(°C)	Diferencia(%)	Hora	temp-pistola(°C)	temp-pt100(°C)	Diferencia(%)
10:01	36,5	34,68	4,99	10:31	37,1	35,49	4,34
10:02	36,1	34,38	4,76	10:32	36,9	35,05	5,01
10:03	36,1	34,51	4,40	10:33	35,8	34,23	4,39
10:04	36,2	34,73	4,06	10:34	34,6	33,03	4,54
10:05	37,1	35,25	4,99	10:35	34,5	32,82	4,87
10:06	35,8	34,1	4,75	10:36	34,2	32,66	4,50
10:07	36,2	34,09	5,83	10:37	34,9	33,23	4,79
10:08	35,1	33,5	4,56	10:38	35,6	33,84	4,94
10:09	35,3	33,68	4,59	10:39	36,2	34,58	4,48
10:10	34,8	33,23	4,51	10:40	36,8	35,14	4,51
10:11	34,1	32,65	4,25	10:41	37,2	35,25	5,24
10:12	34,3	32,87	4,17	10:42	37,4	35,88	4,06
10:13	34,1	32,66	4,22	10:43	37,8	35,96	4,87
10:14	34,1	32,5	4,69	10:44	37,1	35,4	4,58
10:15	33,4	31,91	4,46	10:45	36,7	35,14	4,25
10:16	33,6	32,07	4,55	10:46	37,2	35,59	4,33
10:17	34,1	32,24	5,45	10:47	36,7	35,19	4,11
10:18	34,2	32,69	4,42	10:48	36,1	34,55	4,29
10:19	35,3	33,71	4,50	10:49	36,3	34,75	4,27
10:20	36,6	34,79	4,95	10:50	36,3	34,78	4,19
10:21	37,1	35,17	5,20	10:51	37,6	35,87	4,60
10:22	35,9	34,44	4,07	10:52	38	36,12	4,95
10:23	35,3	33,82	4,19	10:53	38,6	36,82	4,61
10:24	35,1	33,65	4,13	10:54	39,8	37,78	5,08
10:25	36,01	34,49	4,22	10:55	40,6	38,64	4,83
10:26	37,2	35,71	4,01	10:56	41,2	39,19	4,88
10:27	37,6	35,88	4,57	10:57	41,6	39,46	5,14
10:28	37,8	35,96	4,87	10:58	41,1	39,45	4,01
10:29	37,7	36,18	4,03	10:59	41,1	39,33	4,31
10:30	37,4	35,49	5,11	11:00	41	39,1	4,63

De los 60 datos de temperaturas registrados, la diferencia entre el dato medido con la pistola térmica y el sensor PT100 es: menor=4,01 %, mayor=5,83 %, promedio=4,58 %. De los anteriores datos, se resume en la tabla 4.8 las diferencias porcentuales que existen entre los datos registrados con la pistola térmica Testrite y la pinza amperimétrica Fluke 325 versus los sensores Ina219 y PT100.

Tabla 4.8: Validación porcentual. Fuente: Elaboración propia

Fecha	Diferencia corriente	Diferencia temperatura
2/10/2021	8,01 %	4,38 %
16/10/2021	8,59 %	4,58 %

Con base en los anteriores datos obtenidos, se muestra que el sensor Ina219 tiene una diferencia porcentual respecto a la pinza amperimétrica Fluke 325 con una media aritmética del 8,3 % entre los registros del 2 y el 16 de octubre 2021. El anterior porcentaje permite la validación del DAQ en cuanto a la precisión de medida de corriente de los paneles trabajados. Sin embargo, en el ítem 4.3.1 muestra que el sensor tiene una precisión de 1 %, pero no se tiene en cuenta otros factores que aumentan el porcentaje de precisión como el sistema de medida de corriente con contacto directo y el efecto de la temperatura sobre el módulo Ina219. Por otro lado, el promedio de las diferencias de temperatura registradas en las mismas fechas es de 4,48 %; en el ítem 4.3.4 se hace la comparación entre los valores de temperatura obtenidos por el sistema embebido y el sistema de adquisición de datos.

4.3.4. Validación del sistema embebido

Con el uso del DAQ expuesto en el anterior ítem, se procedió a capturar los datos de temperatura con un registro de 60 muestras por minuto. En el anexo 6, están los datos del mes de noviembre y diciembre 2021 que se tomaron con el sensor PT100 instalado en la parte posterior del centro del panel derecho. La captura de imagen térmica se hizo con el sistema embebido como se puede ver en las las figuras 4.9, 4.10 y 4.11.

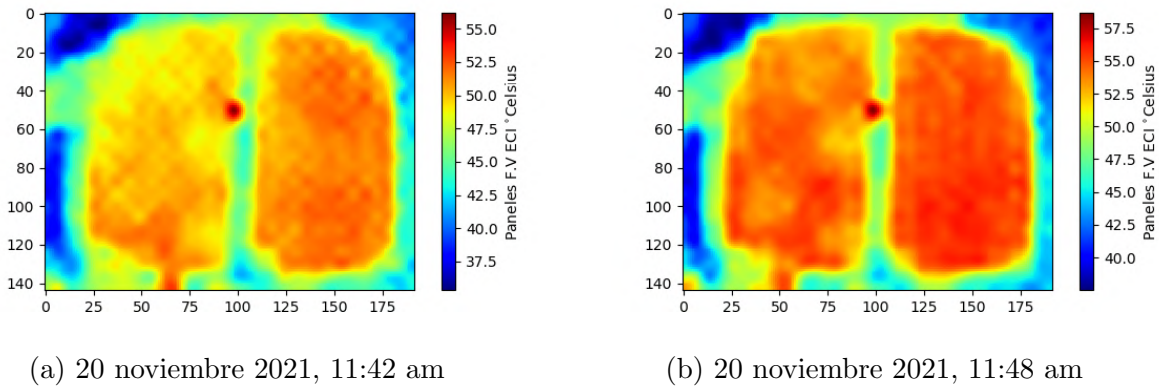


Figura 4.9: Temperatura sistema embebido vs DAQ(noviembre). Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9a está la imagen térmica capturada el 20 de noviembre 2021 a las 11:42 am; comparando la temperatura obtenida con el sistema embebido y el DAQ(ver anexo 6), se registran 52°C y 51,9°C respectivamente. En la figura 4.9b tomada a las 11:48 am, se tiene aproximadamente 56,7°C con el sistema embebido y 57°C con el sensor PT100.

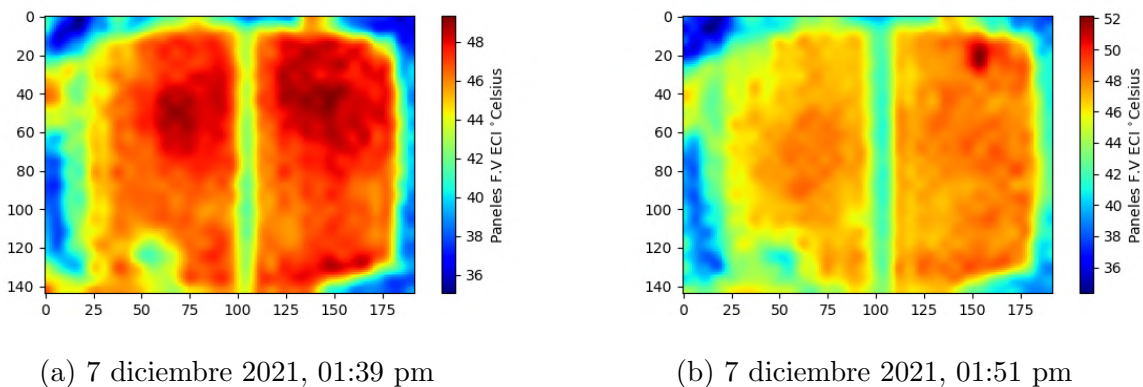


Figura 4.10: Temperatura sistema embebido vs DAQ(7 de diciembre). Fuente: Elaboración propia

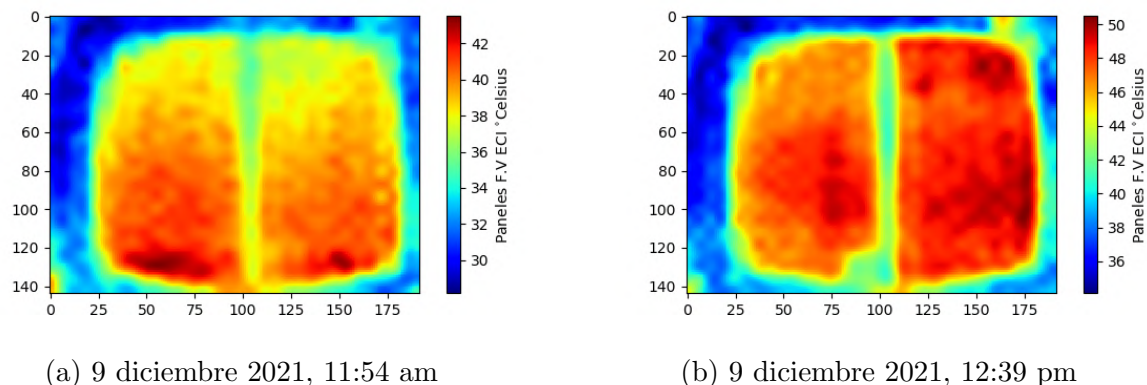


Figura 4.11: Temperatura sistema embebido vs DAQ(9 de diciembre). Fuente: Elaboración propia

De las anteriores imágenes térmicas se observó que las dimensiones son de 598x360 píxeles y la imagen térmica de mayor tamaño no superaba los 0,1MB; luego de instalar los recursos necesarios de la Raspberry el espacio disponible para almacenamiento de los 32000MB de la micro SD es de 28000MB, lo que significa que se pueden almacenar hasta aproximadamente 280000 imágenes térmicas en la memoria interna del sistema embebido. En la figura 4.10a y 4.10b están las imágenes térmicas capturadas el 7 de diciembre 2021 a la 01:39 y 01:51 pm; comparando las temperaturas obtenidas con el sistema embebido y el DAQ, se tiene que registran aproximadamente: cámara=46,7°C DAQ= 46,5°C y cámara=47°C DAQ=46,7°C respectivamente. En la figura 4.11a y 4.11b tomadas a las 11:54am y 12:39 pm se tiene aproximadamente los siguientes datos: cámara=38,8°C DAQ= 38,4°C y cámara=47,2°C DAQ=46,9°C. Para terminar la validación de datos de temperatura entre el sistema embebido y el DAQ, se resume en la tabla 4.9 los valores aproximados obtenidos por la cámara y los datos registrados por el sensor PT100.

Tabla 4.9: Validación sistema embebido. Fuente: Elaboración propia

Fecha	Valores cámara(°C)	Valores DAQ(°C)	Diferencia
20/11/2021, 11:42 am	51,9	52	0,1
20/11/2021, 11:48 am	57	56,7	0,3
07/12/2021, 01:39 pm	46,5	46,7	0,2
07/12/2021, 01:51 pm	46,7	47	0,3
09/12/2021, 11:54 am	38,4	38,7	0,3
09/12/2021, 12:39 pm	46,9	47,2	0,3

4.3.5. Componentes del sistema fotovoltaico off-grid utilizado

Para las pruebas realizadas en el siguiente capítulo, se tuvo en cuenta las características de los paneles fotovoltaicos a estudiar descritos en el punto 2.3 del marco teórico, al igual que la distancia calculada en el punto 4.1.2. Para las pruebas de ambientes artificiales de los análisis de resultados, se usó una distancia de 75cm entre el sensor y la superficie de los paneles. Del mismo modo, se utilizó el sistema fotovoltaico off-grid del laboratorio de energía de la Escuela el cual tiene dos paneles conectados en paralelo y está compuesto de los siguientes equipos:

Panel solar: (anexo 2)

Cantidad: dos (2)

Marca: Kyocera

Modelo: KC85TS

Capacidad máxima: $P = 87W$

Regulador DC:

Cantidad: uno (1)

Marca: Steca

Modelo: Solarix PRS3030

Capacidad: 12/24V 30A

Banco de baterías:

Marca: Mtek

Modelo: MT12120

Cantidad: seis unidades

Tipo: Plomo acido

Capacidad máxima: 12Ah a 12V

En el capítulo siguiente están los análisis de los resultados de las pruebas realizadas en campo, donde se creó ambientes artificiales que simulaban sobre la superficie de los paneles factores como polvo, heces de ave y sombras.

Capítulo 5

Análisis de resultados

En este capítulo se mostrarán las capturas de imágenes térmicas, los registros fotográficos y las gráficas elaboradas en Matlab, correspondiente al análisis de los datos de corriente, temperatura e irradiancia obtenidos en los ambientes artificiales de polvo, heces de ave y sombras.

5.1. Imágenes térmicas e impacto en la producción de corriente por efectos ambientales

Con base en el punto 2.4 del marco teórico, se revisó los efectos en las corrientes de salida de cada panel Kyocera cuando uno de estos es sometido a polvo, heces de aves y sombras. En todas las pruebas realizadas se usó un ángulo de inclinación de los paneles de 30° con una distancia de 75cm entre sensor y la normal de la superficie; se instaló el sistema de monitoreo térmico de tal forma que el sensor Mlx90640 estuviera apuntando hacia el centro de los dos paneles. Los datos de irradiancia utilizados en el desarrollo de este trabajo se obtuvieron del piranómetro instalado cerca al laboratorio de energía de la Escuela. A continuación están los casos de:

1. Impacto por polvo
2. Heces de ave
3. Sombras vertical
4. Sombras horizontal

5.1.1. Impacto por polvo

En la figura 5.1 se creó un ambiente artificial de polvo sobre el panel solar Kyocera ubicado en el lado izquierdo y se tomaron medidas entre las 11:23 am y 12:22 pm.



Figura 5.1: Montaje en laboratorio-polvo. Fuente: Elaboración propia

Seguido, se revisó el impacto que tiene el polvo sobre la producción de corriente de los paneles solares. Entre las 11:36 y las 11:58 am de la figura 5.2 se puede ver que hay una diferencia de corriente de aproximadamente 469[mA] entre la corriente producida por el panel izquierdo con polvo(color azul) y el panel derecho sin polvo(color verde). Lo anterior quiere decir que hay una pérdida aproximada de 16 % del panel izquierdo con la superficie con polvo respecto al panel derecho con la superficie limpia. De la misma forma se puede apreciar que las corrientes tienen un comportamiento incremental y decremental de forma proporcional y que a mayor irradiancia la temperatura aumentó hasta valores de 55[°C] y que a valores de irradiancia más bajos la temperatura llegó a tener valores de hasta 35[°C] . Después de las 12:00 pm las corrientes de aire retiran el polvo y se observa la corriente proporcional entre ambos paneles.

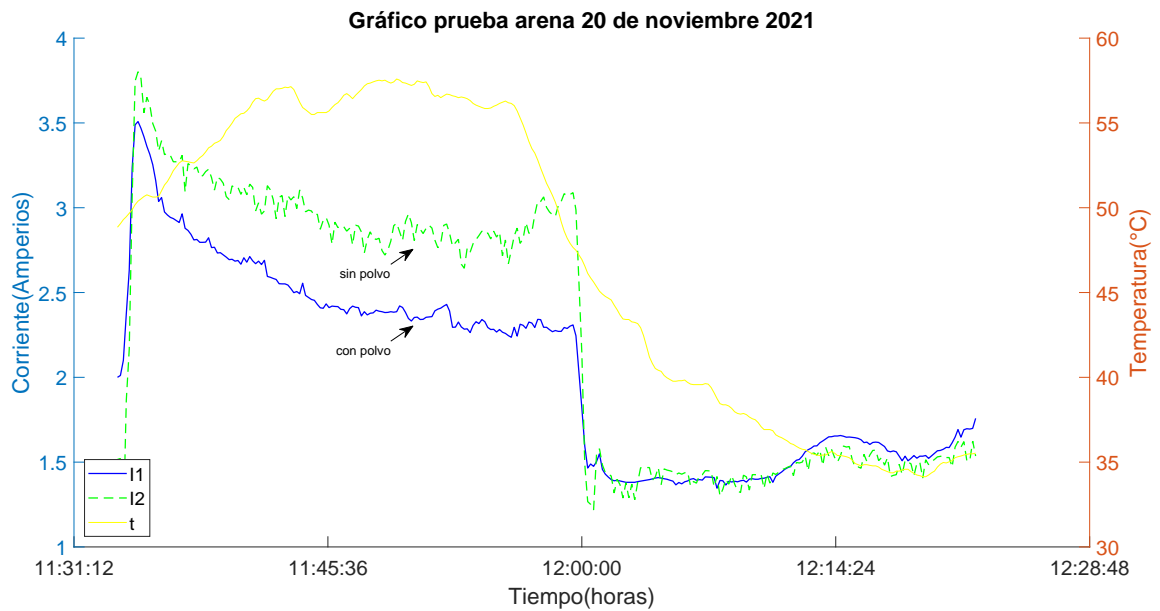


Figura 5.2: Prueba de polvo vs temperatura 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.3 está la captura térmica con el sistema de monitoreo térmico, donde se evidencia una disminución en la temperatura de aproximadamente 5° celsius en el panel izquierdo con polvo. En efecto, se tiene que hay una menor absorción de irradiancia y por lo tanto una disminución en la generación de corriente del panel.

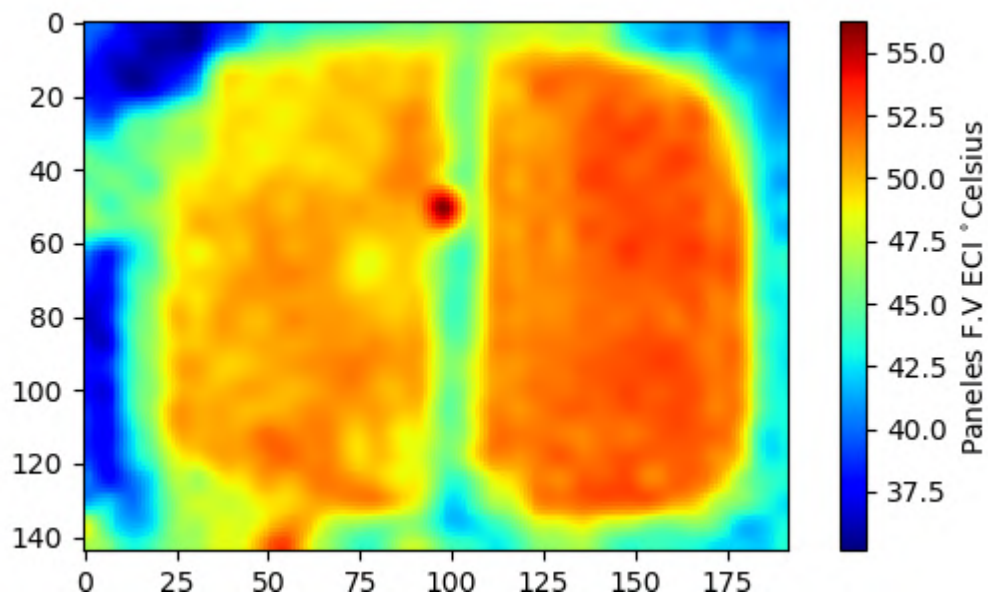


Figura 5.3: Captura térmica polvo. Fuente: Elaboración propia

Adicional, se tiene la figura 5.4 con los datos de irradiancia versus la corriente en el panel izquierdo y derecho. Se puede ver que pasada las 12:00 pm los valores de corriente de los paneles son muy cercanos debido al retiro natural de polvo del panel izquierdo. Entre las 11:35 y las 11:58 pm, los paneles fueron expuestos a irradiancias mayores de $800[W/m^2]$ y se observa que el efecto de pérdida de corriente del panel izquierdo con polvo se debe a la reducción de la capacidad de este para absorber irradiancia.

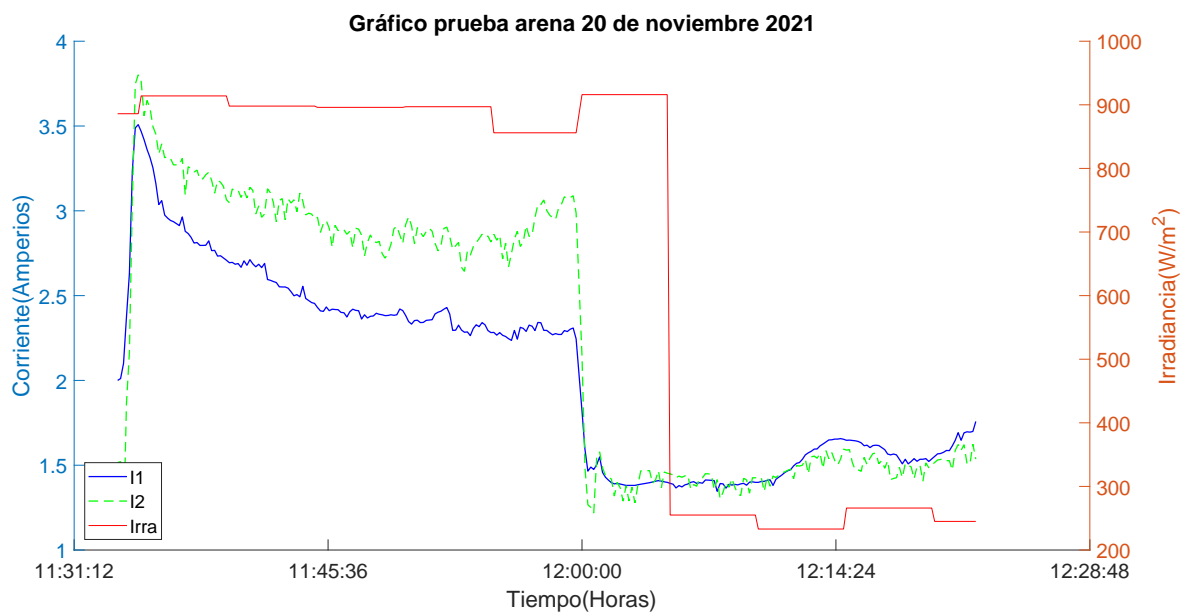


Figura 5.4: Prueba de polvo vs irradiancia 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia

Lo que se pudo evidenciar en este caso, es que por las condiciones de vientos en la zona, después de las 12:00 pm el polvo depositado en la superficie de los paneles fue retirado de forma natural por las corrientes de viento.

La segunda prueba con polvo se realizó el 11 de diciembre 2021, en la figura 5.5 se creó un ambiente artificial de polvo sobre la superficie del panel derecho. De la imagen térmica se puede observar que el panel izquierdo tiene una temperatura de aproximadamente $44[^\circ\text{C}]$, mientras que el panel derecho con la superficie de polvo tiene una temperatura cercana a los $40[^\circ\text{C}]$.

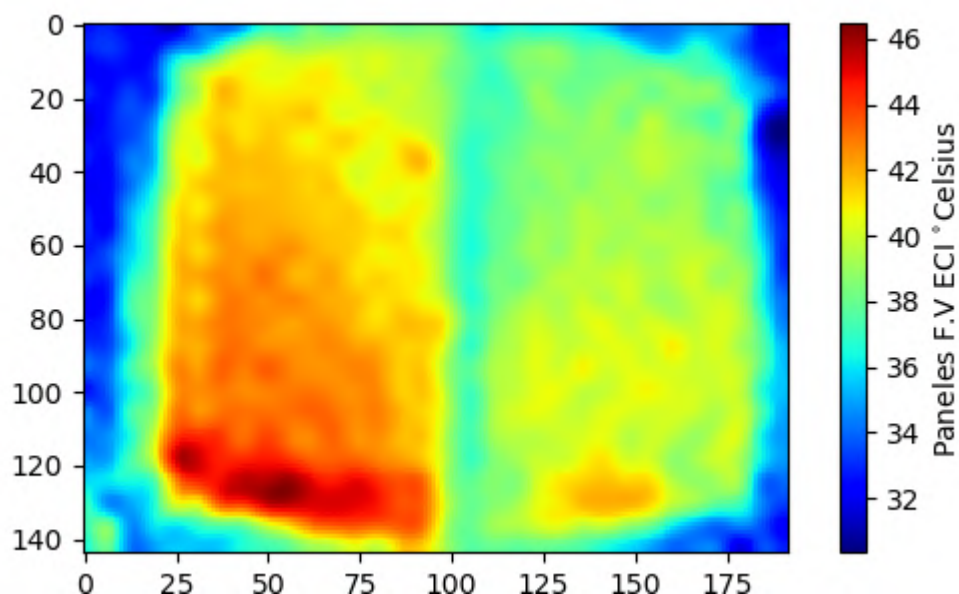


Figura 5.5: Captura térmica polvo 11 de diciembre 2021. Fuente: Elaboración propia

Al igual que la prueba realizada el 20 de noviembre 2021, en la figura 5.6 las corrientes tienen un comportamiento incremental y decremental de forma proporcional. se puede observar que a mayor irradiancia la temperatura aumenta hasta valores de 43[°C] y que a valores de irradiancia más bajos la temperatura llegó a tener valores de hasta 25[°C].

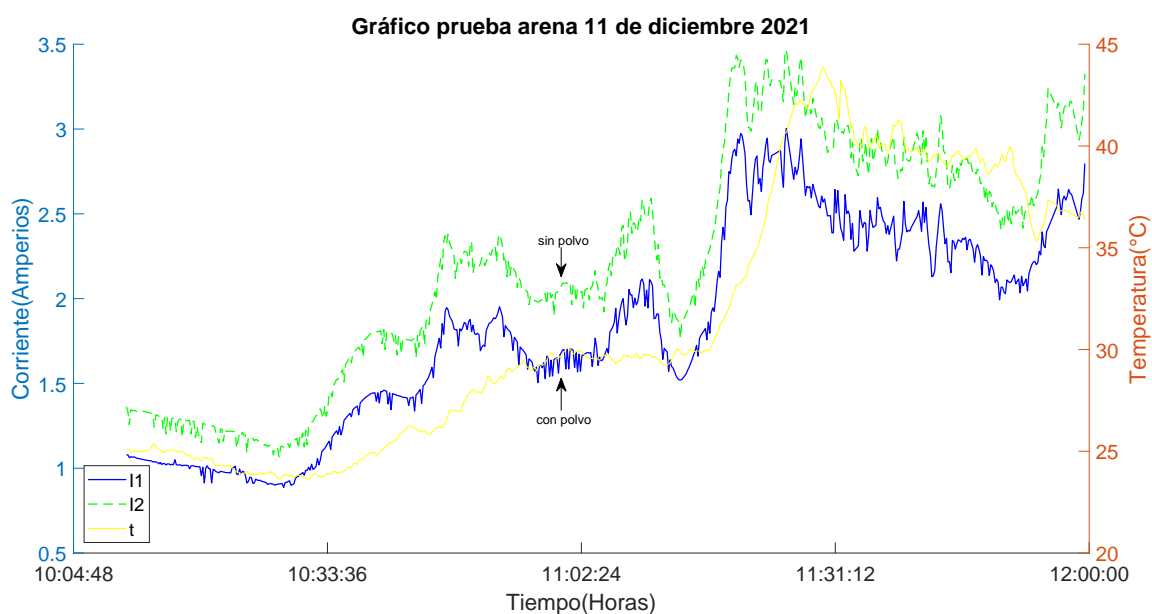


Figura 5.6: Prueba de polvo-temperatura 11-12-2021. Fuente: Elaboración propia

Entre las 10:10 y las 11:58 am de la figura 5.7 están los datos de irradiancia versus la corriente en el panel izquierdo y derecho. Existe una diferencia de corriente de aproximadamente 421[mA] entre la corriente producida por el panel derecho con polvo(color azul) y la corriente producida por el panel izquierdo(color verde), esto quiere decir que en panel derecho hay una pérdida aproximada de 17% frente al panel izquierdo con la superficie limpia.

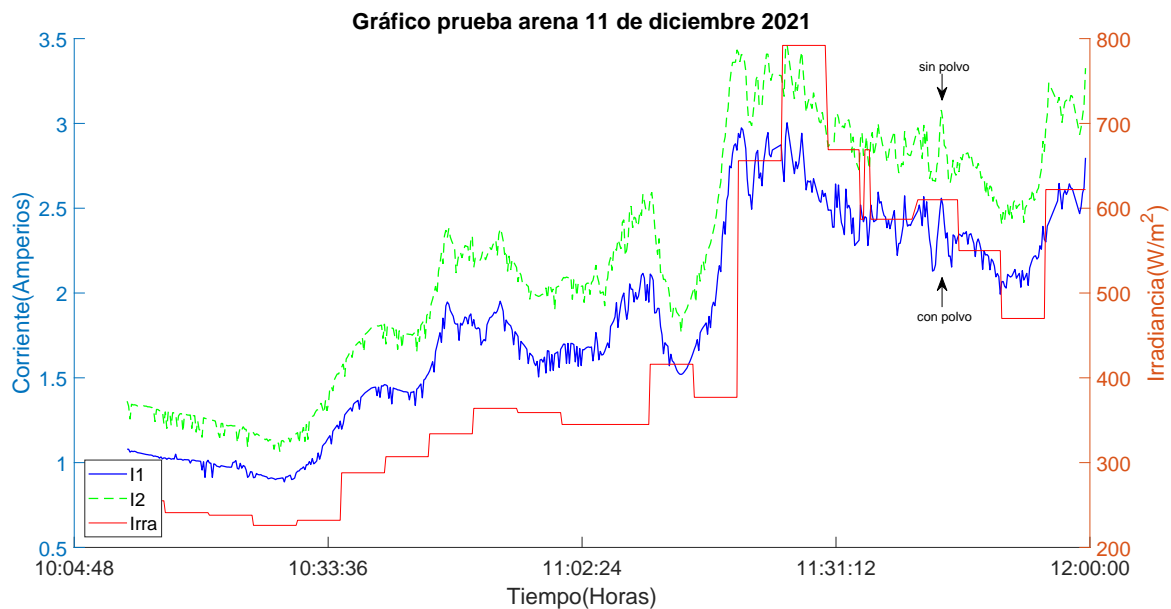


Figura 5.7: Prueba de polvo-irradiancia 11-12-2021. Fuente: Elaboración propia

Se observa que el efecto de pérdida de corriente del panel derecho con polvo se debe a la disminución de la capacidad de este para captar irradiancia.

5.1.2. Impacto por heces de ave

Otro factor común que influye sobre la producción energética de los paneles solares, son las heces depositadas por aves. En este caso, en la prueba realizada el 20 de noviembre 2021 se utilizó pedazos de fommy sobre el panel solar derecho(visto desde el sistema de monitoreo) para simular un ambiente artificial como se puede ver en la figura 5.8.



Figura 5.8: Montaje en laboratorio-heces de ave. Fuente: Elaboración propia

La siguiente captura de datos se hizo entre las 12:55 y 01:52 pm, en la figura 5.9 se evidencia que hay una diferencia de corriente de aproximadamente 190[mA] entre la corriente producida por el panel izquierdo(color verde) y el panel derecho(color azul). Lo anterior quiere decir que hay una pérdida aproximada de 22% del panel derecho con la superficie con fomy respecto al panel izquierdo con la superficie limpia.

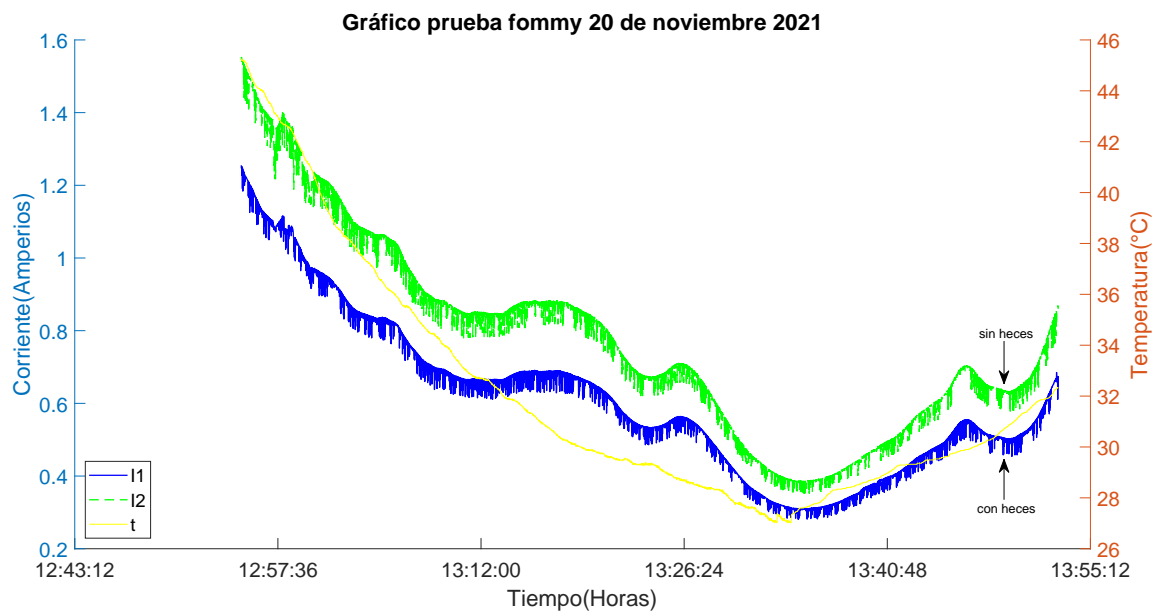


Figura 5.9: Prueba de simulación heces de ave(temperatura) 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia

La siguiente captura térmica presenta en el lado derecho unos huecos, lo que quiere decir que en las partes de la superficie del panel derecho donde se encuentran los pedazos de fommy(ver figura 5.10), crean una barrera que ocasiona una menor absorción de irradiancia solar y por lo tanto una disminución en la corriente como se mencionó arriba.

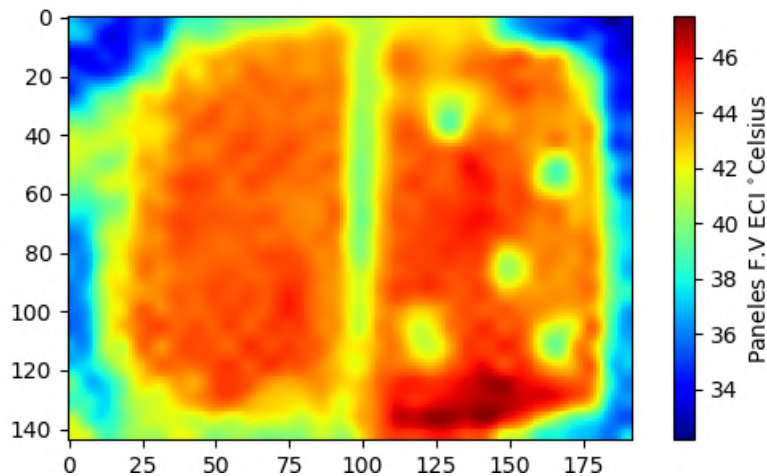


Figura 5.10: Captura térmica heces de ave 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia

A continuación está la figura 5.11 con los datos de irradiancia, donde muestra que a mayor irradiancia hay mayor producción de corriente en los paneles y viceversa. En este caso los valores de irradiancia son muy bajos y están entre $130[W/m^2]$ y $260[W/m^2]$.

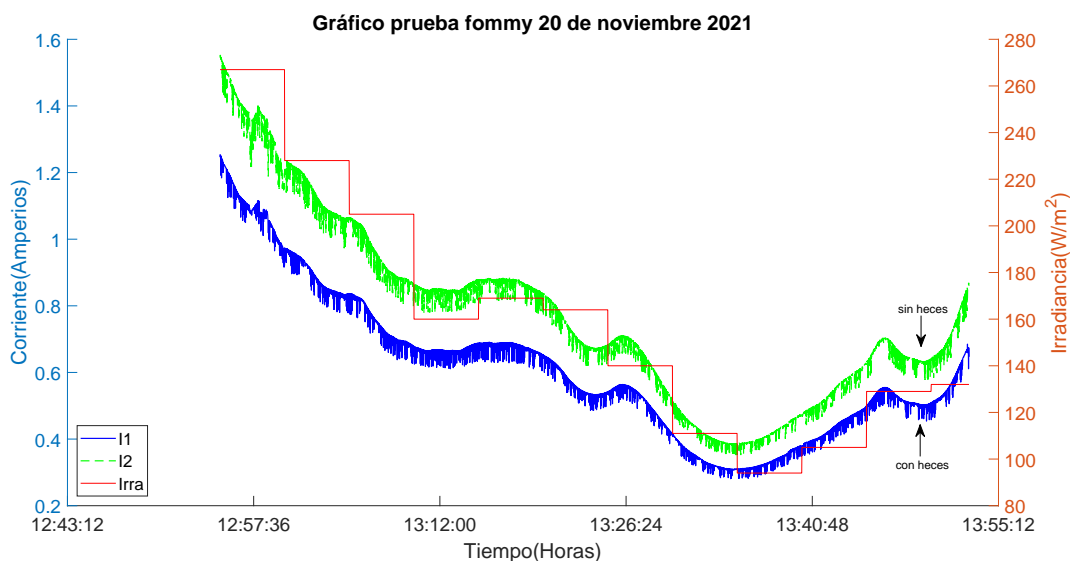


Figura 5.11: Prueba de simulación heces de ave-irradiancia 20-11-2021. Fuente: Elaboración propia

La siguiente prueba se hizo el 14 de diciembre 2021, la captura de datos se hizo entre las 9:56 y 11:00 am, en la figura **5.12** se observa que hay una diferencia de corriente de aproximadamente 800[mA](23%) entre la corriente producida por los dos paneles entre las 9:56 a 10:10 am y de 10:42 a 11:00 am.

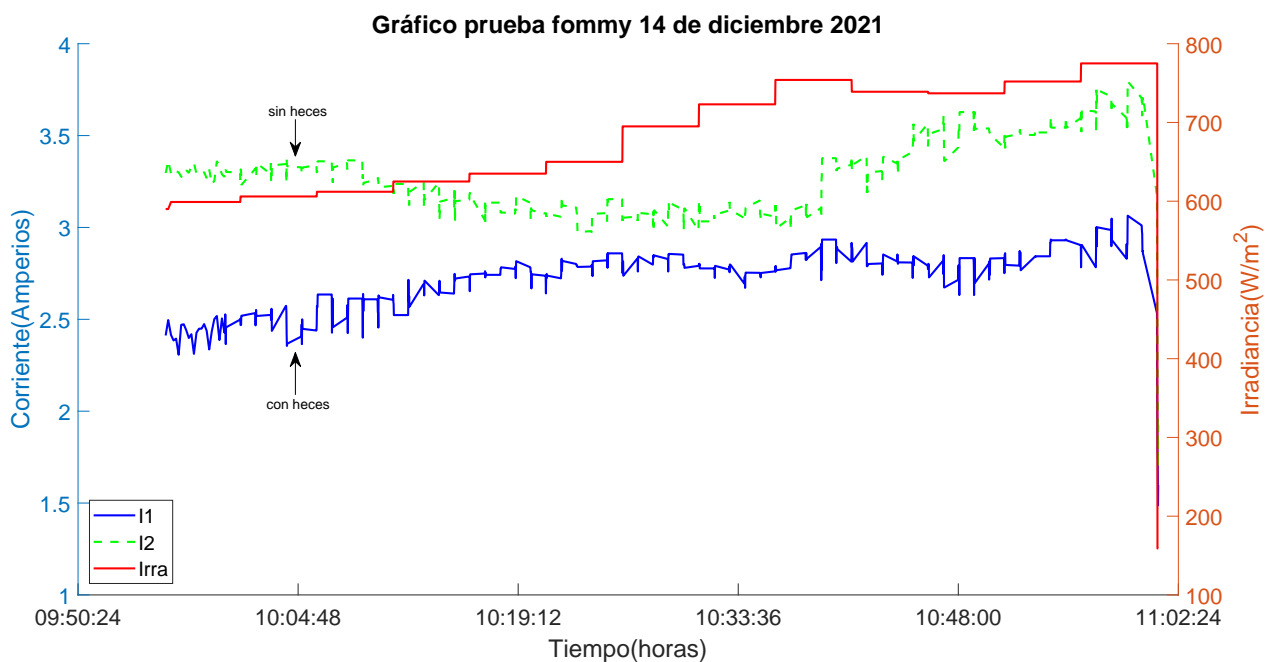


Figura **5.12**: Prueba de simulación heces de ave 14-12-2021. Fuente: Elaboración propia

Con base en los datos de temperatura de la figura **5.13**, se observan los cambios de temperatura entre 40[°C] y 52[°C]. Entre las 10:16 y las 10:36 a.m se alcanzó temperaturas hasta 52[°C] en consecuencia hubo una disminución de la corriente(color verde), ya que ha picos incrementales de temperatura disminuye la producción energética de los paneles solares.

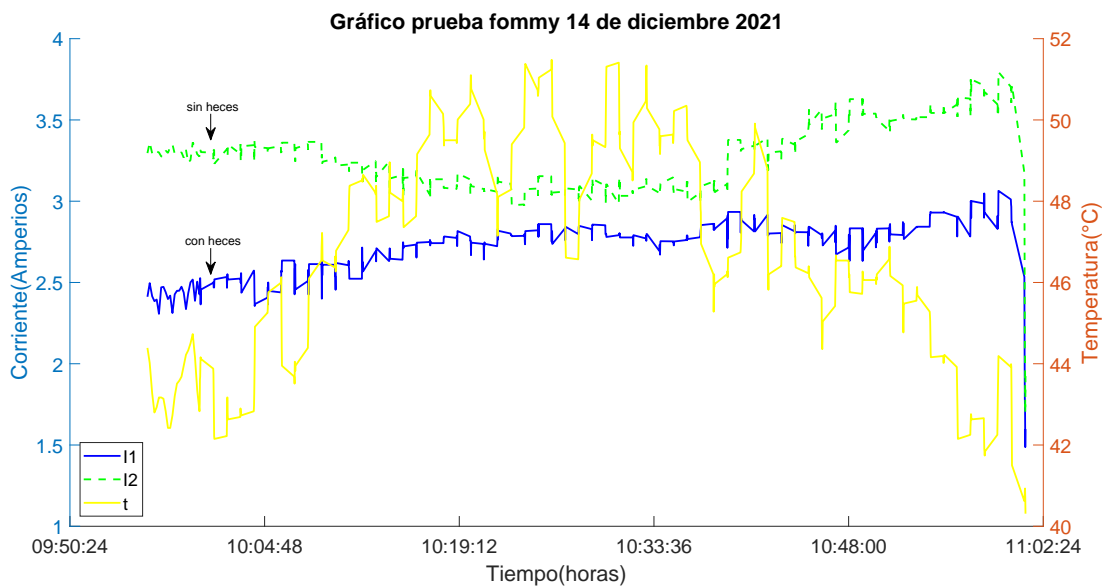


Figura 5.13: Prueba de simulación heces de ave 14-12-2021. Fuente: Elaboración propia

Para terminar este ambiente artificial de heces de ave, se tiene la siguiente captura térmica donde al lado del panel derecho hay unos huecos donde se encuentran los pedazos de fommy que representan las heces de aves(ver figura 5.14), en estos huecos la temperatura de la superficie del panel derecho pasa de 44[°C] a 40[°C].

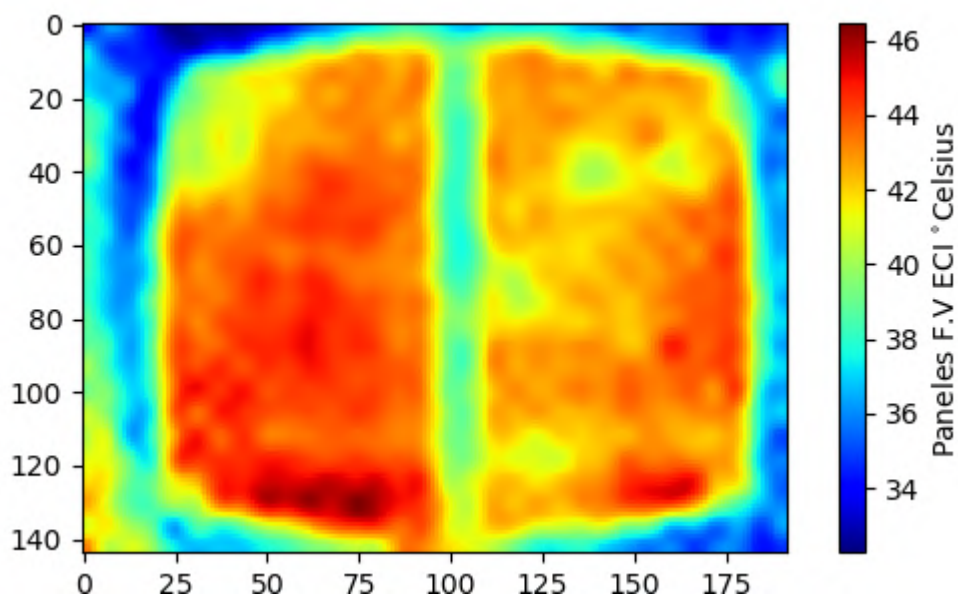


Figura 5.14: Captura térmica heces de ave 14-12-2021. Fuente: Elaboración propia

La barrera de las heces simuladas ocasionan una menor absorción de irradiación solar y por lo tanto una disminución en la producción de corriente. A continuación están los análisis de resultados del impacto por sombras vertical.

5.1.3. Impacto por sombras vertical

Se analizaron los efectos en las corrientes de cada panel debido a sombras visto en el punto 2.6 del capítulo 2. Se instaló el sistema de monitoreo térmico de tal forma que el lente del sensor matricial infrarrojo Mlx90640 estuviera apuntando hacia el centro de la superficie de los dos paneles, y se creó un ambiente artificial de sombras vertical sobre 9 celdas de las 36 celdas del panel solar Kyocera ubicado en el lado izquierdo(visto desde el sistema de monitoreo), ver figura 5.15.



Figura 5.15: Montaje en laboratorio sombras vertical, 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia

Los datos fueron tomados de 9:56 a 10:28 am, acá se puede ver que hay una diferencia de corriente de aproximadamente 1415[mA] y 1318[mA] en los intervalos de tiempo de 10:03 a 10:10 am y de 10:15 a 10:19. La corriente producida por el panel izquierdo con sombra(color azul) y el panel derecho(color verde). De acuerdo con la figura 5.16, hay una pérdida aproximada de 36 % del panel izquierdo con la superficie con sombra vertical respecto al panel derecho con la superficie sin sombra. Del mismo modo, se puede ver que a mayor irradiación hay mayor producción de corriente en los paneles, y a menor irradiación la producción de corriente disminuye.

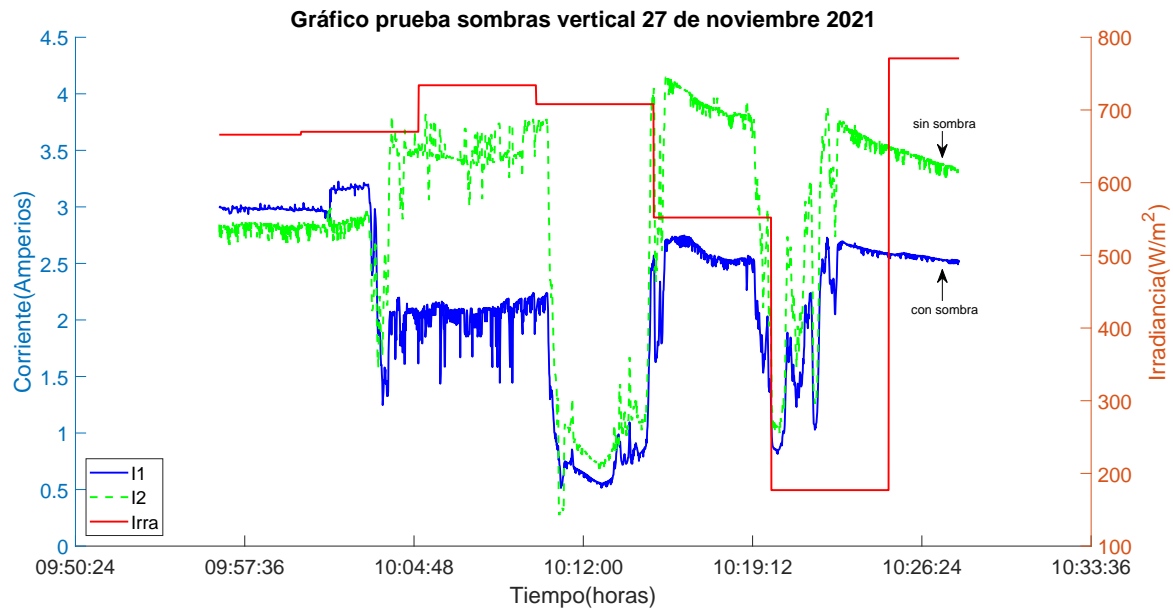


Figura 5.16: Prueba de sombras vertical 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.17 se puede observar que en el lado izquierdo está el panel donde se generó la sombra de forma artificial, allí se puede ver el corte rectangular vertical con caída de temperatura de aproximadamente 15° celsius debido a la sombra causada.

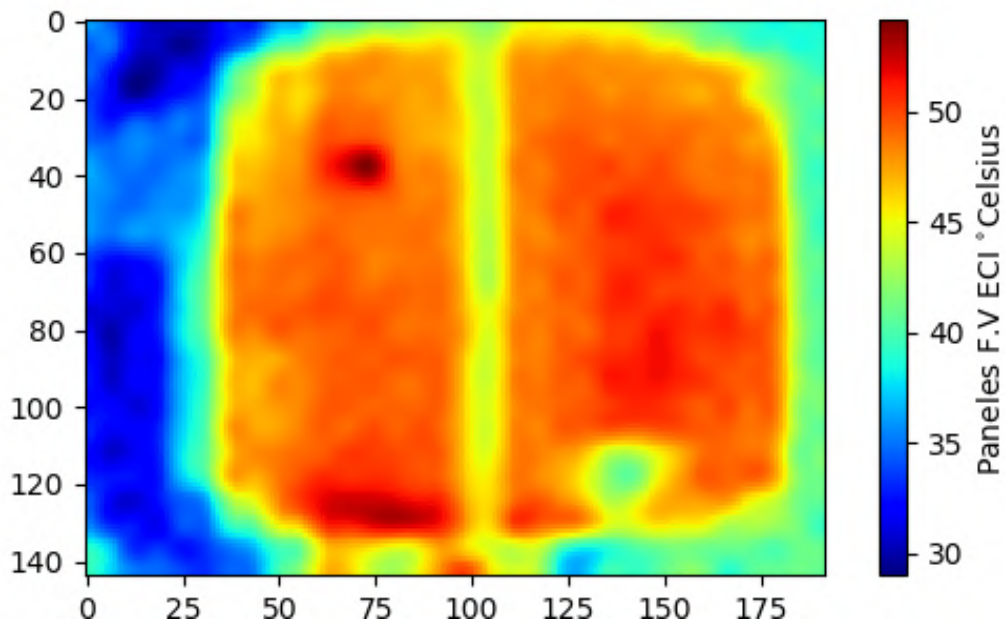


Figura 5.17: Captura térmica sombras vertical 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia

A continuación está la captura térmica que se hizo el 7 de diciembre 2021 con el sistema de monitoreo térmico, ver figura 5.18. Se aprecia que el lado izquierdo del panel tiene una sombra de forma artificial, con un corte rectangular vertical y con baja de temperatura de aproximadamente 10° celsius debido a la sombra causada. En la parte inferior del panel derecho se aprecia una sombra circular muy pequeña que generó el sistema embebido; esta sombra también se puede apreciar en la figura 5.15 y su impacto en la producción energética es mínima como se observó en el anterior caso.

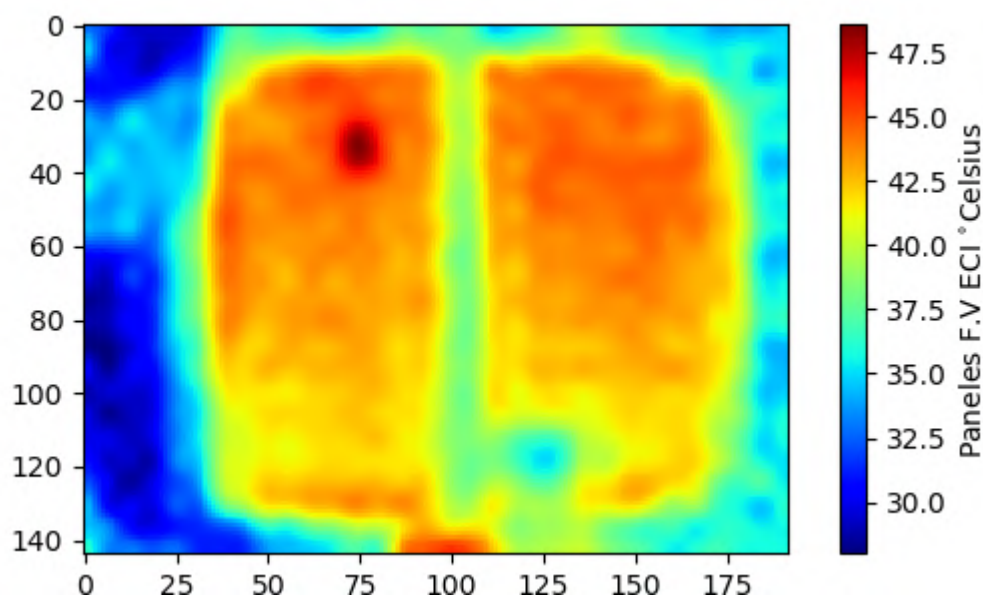


Figura 5.18: Captura térmica sombras vertical 7-12-2021. Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.19 se creó un ambiente artificial de sombra vertical sobre el panel solar Kyocera ubicado en el lado izquierdo (color azul) y se tomaron los datos de corrientes e irradiancia entre las 11:20 am y 12:50 pm.

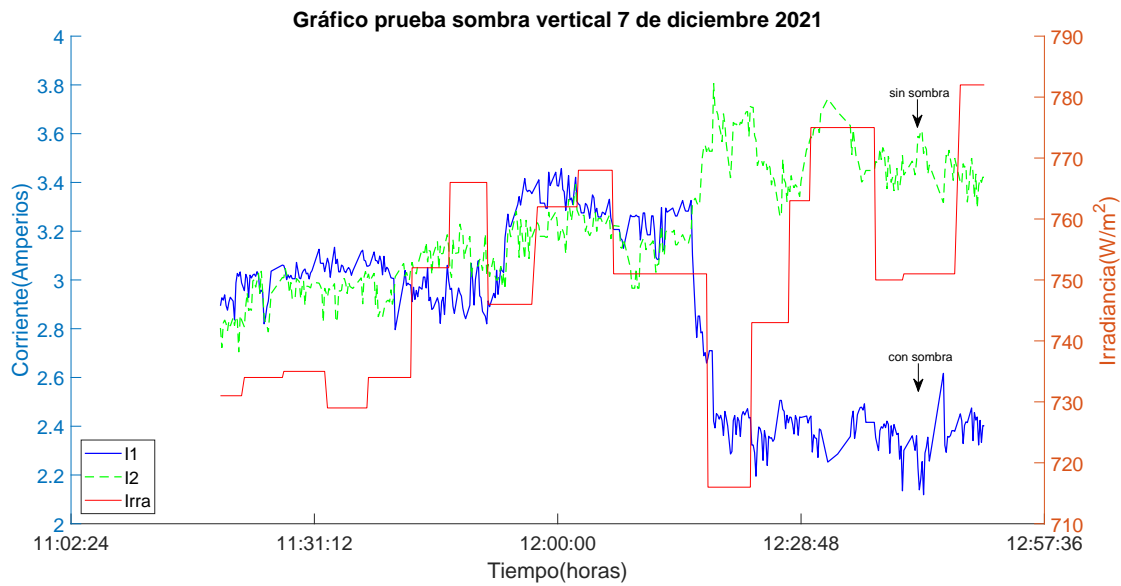


Figura 5.19: Prueba 7-12-2021. Fuente: Elaboración propia

De la anterior figura se tiene que de las 11:20 a.m hasta valores próximos a las 12:18 p.m, no se generó la sombra vertical sobre el panel izquierdo, por lo tanto las dos corrientes producidas son muy cercanas. Entre las 12:18 p.m y las 12:50 p.m se puede ver que hay una diferencia de corriente de aproximadamente 1125[mA] entre la corriente generada por el panel izquierdo con sombra vertical(color azul) y el panel derecho(color verde). Lo anterior quiere decir que hay una pérdida aproximada de 32 % del panel izquierdo con sombra respecto al panel derecho sin sombra.

5.1.4. Impacto por sombras horizontal

Se creó un ambiente artificial de sombras horizontal sobre el panel solar Kyocera ubicado en el lado izquierdo(visto desde el sistema de monitoreo), ver figura 5.20.



Figura 5.20: Montaje en laboratorio-sombras horizontal. Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.21 se registró los datos de 11:07 a 11:43 am, lo más relevante está después de la hora 11:13 am, ya que en este caso se presentó sombra horizontal sobre el panel izquierdo. De este modo se evidencia una disminución significativa en la corriente de ese panel. A diferencia de los casos anteriores donde había una pérdida de corriente pero se mantenía una proporción de incremento o decremento; en este caso no, la corriente se mantiene con una pérdida constante sin importar el aumento o disminución de la irradiación solar. Lo anterior se debe a que la conexión interna de los paneles no usan tecnología Half-Cell(media celda) [40]; donde estas reducen la resistencia interna de las placas con menores pérdidas de corriente al ser transportada por las pistas conductoras y aseguran una producción continua cuando la placa está parcialmente sombreada ya que los sombreados parciales de una mitad del panel solar no afectan al total del panel.

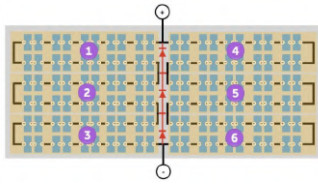


Figura 5.21: Conexión interna de tecnología Half-Cell [40].

Para este caso en particular los paneles Kyocera tienen un arreglo de 36 celdas solares, se desconectarían 4 de los arreglos que representan la mitad de las celdas conectadas y quedarían activas la otra mitad de celdas solares, ver figura 5.22. De esta forma, en los intervalos de tiempo de 11:13 a 11:29 a.m y de 11:37 a 11:43 a.m la pérdida de corriente que se tuvo fue aproximadamente 2000[mA]. Lo anterior representa una pérdida aproximada de 76 % del panel izquierdo con la superficie con sombra horizontal(color azul) respecto al panel derecho con la superficie sin sombra(color verde).

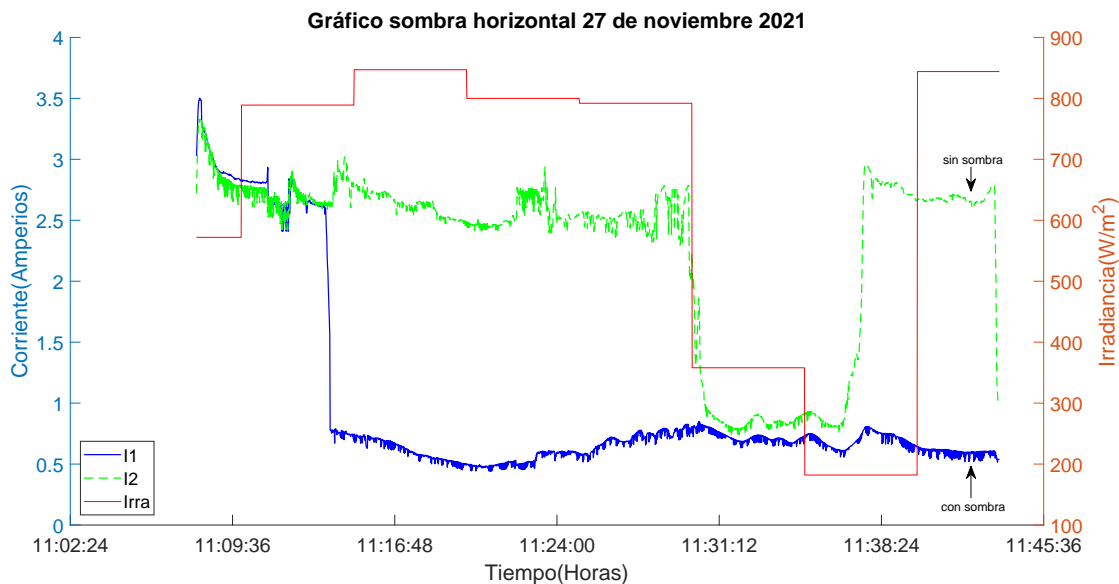


Figura 5.22: Prueba de sombras horizontal 27-11-2021. Fuente: Elaboración propia

En la captura térmica de la figura 5.23, el panel del lado izquierdo muestra un corte horizontal superior donde se generó la sombra de forma artificial; para este caso la temperatura de los paneles son muy cercanos. En la parte inferior del panel derecho se aprecia una sombra circular muy pequeña causada por la ubicación del sistema embebido; esta sombra también se puede apreciar en la figura 5.20 y su impacto en la producción energética es mínima como se observó en el punto 5.1.2.

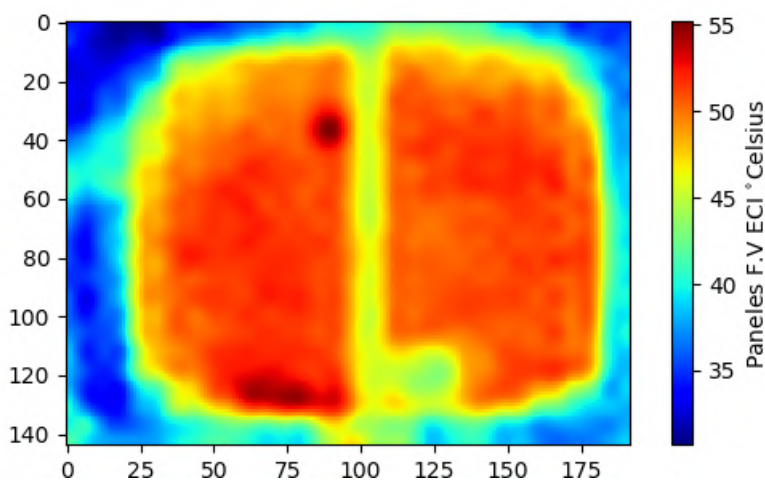


Figura 5.23: Captura térmica sombras horizontal. Fuente: Elaboración propia

En la prueba realizada el 6 de diciembre 2021, los datos fueron tomados de 02:08 a 03:00 pm, se observa que hay una diferencia de corriente de aproximadamente 3114mA entre la corriente producida por el panel izquierdo con sombra horizontal(color azul) y el panel derecho(color verde) sin sombra. De acuerdo con la figura 5.24, en el intervalo de tiempo de 02:08 a 02:14 p.m con irradiancia cercana a $700[W/m^2]$; hubo una pérdida de corriente de aproximadamente 73 % del panel izquierdo con la supeficie con sombra horizontal respecto al panel derecho con la superficie sin sombra.

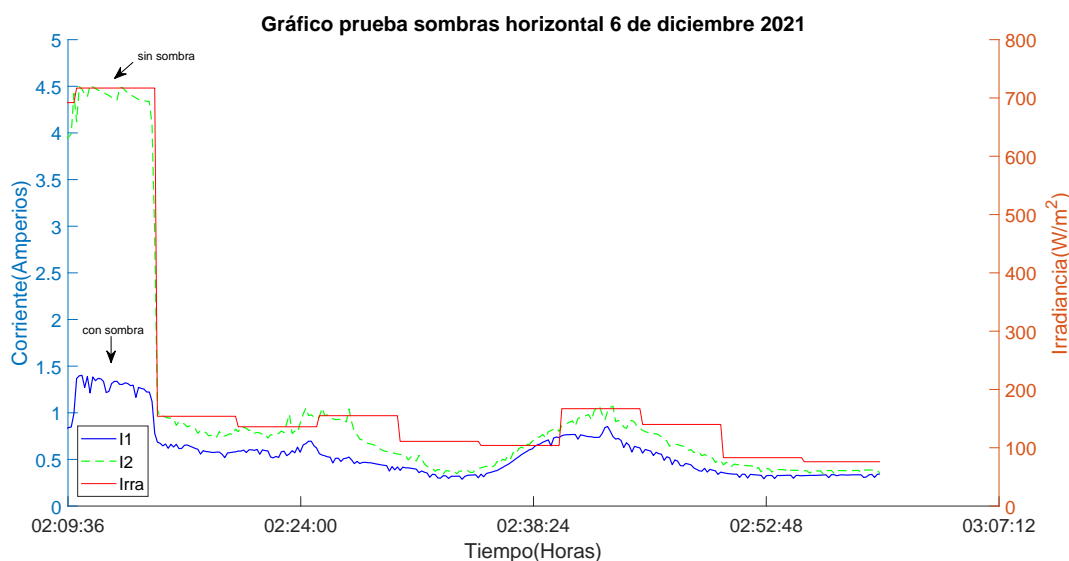


Figura 5.24: Prueba de sombras horizontal-irradiancia 6-12-2021. Fuente: Elaboración propia

De la figura 5.25, se puede afirmar que después de las 02:14 p.m, la temperatura tuvo valores cercanos a 24°C y corresponde al tiempo en que no se generó la sombra horizontal. En el intervalo de tiempo de 02:08 a 02:14 p.m se produjo la sombra horizontal y la temperatura estuvo en aproximadamente 40°C .

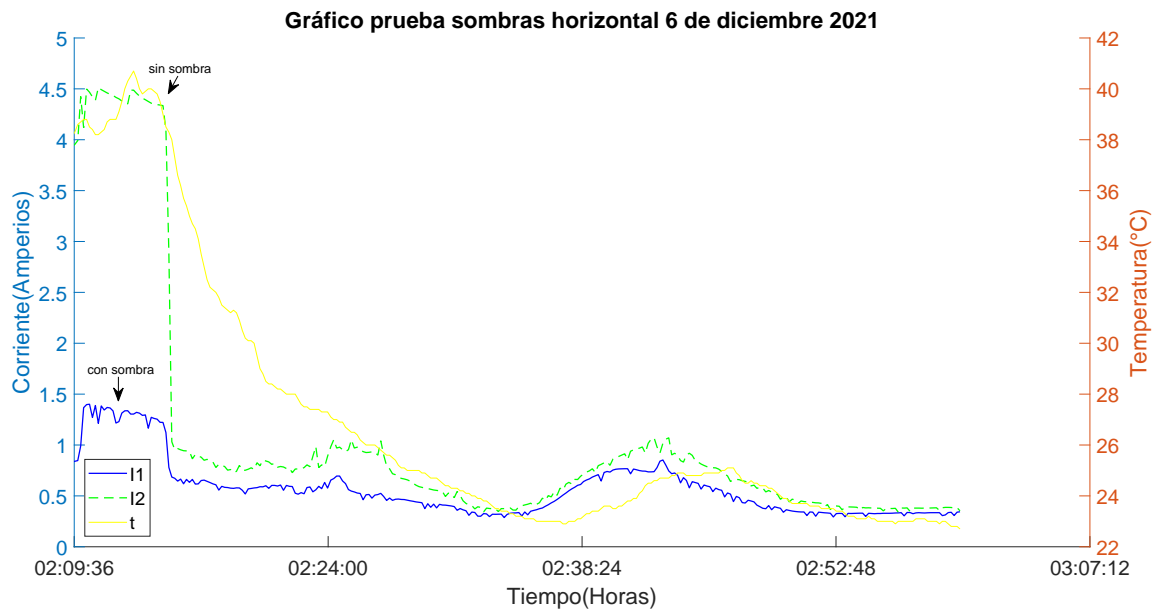


Figura 5.25: Prueba de sombras horizontal-temperatura 6-12-2021. Fuente: Elaboración propia

En la captura térmica de la figura 5.26, el panel del lado izquierdo muestra un corte horizontal superior donde se generó la sombra de forma artificial; para este caso la temperatura tiene una diferencia de aproximadamente 15° celsius entre el fragmento de panel sin sombra y el resto del panel.

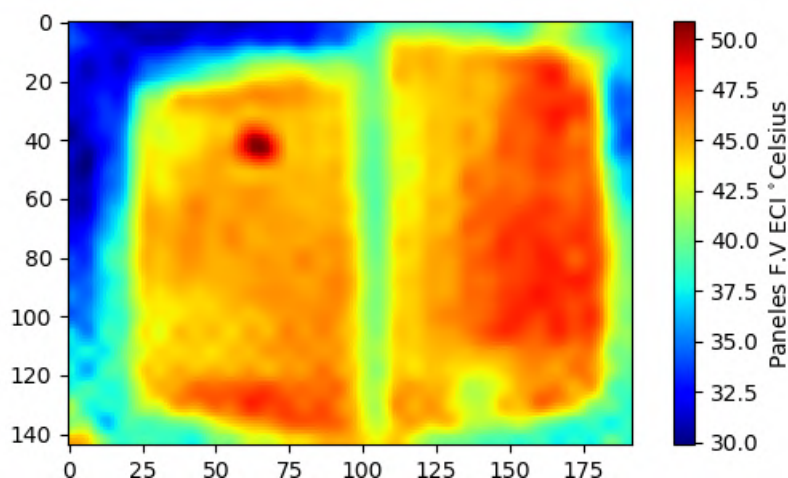


Figura 5.26: Captura térmica sombra horizontal 06-12-2021. Fuente: Elaboración propia

La diferencia de esta prueba de sombra horizontal con la prueba realizada el 27 de noviembre 2021, radica en que a irradiancias menores a $200W/m^2$, no se genera ninguna sombra sobre la superficie del panel, por lo tanto las pérdidas de corriente son despreciables como se puede ver pasado las 2:15 pm en la figura 5.24.

5.1.5. Cuadro comparativo de pérdidas de corriente

Tabla 5.1: Comparativo pérdidas de corriente. Fuente: Elaboración propia

Pérdidas de corriente		
Ambiente artificial	Porcentajes	
Polvo	16 %(20-11-2021)	17 %(11-12-2021)
Heces de ave	20 %(20-11-2021)	19 %(14-12-2021)
Sombras vertical	36 %(27-11-2021)	32 %(7-12-2021)
Sombras horizontal	76 %(27-11-2021)	73 %(6-12-2021)

Con base en la tabla 5.1, las pérdidas de corriente más significativas se dieron por efectos de sombras vertical 36 % y horizontal 76 %(debido a que los paneles no son de media celda). En efecto, se recomienda en las instalaciones fotovoltaicas de paneles solares, ubicar las placas de tal forma que se evite la generación de sombras vertical u horizontal.

Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Conclusiones generales

Se implementó un sistema embebido de monitoreo térmico de las superficie de los paneles solares que toma imágenes fotográficas de respaldo y establece la comunicación entre la tarjeta y la plataforma de acceso web ThingSpeak, con el fin de hacer seguimiento al impacto en la producción energética y dejar un registro para análisis futuro de la vida útil, con la versión libre seleccionada se podrá tener hasta 5760 registros de temperatura por día. El sistema fue diseñado para los paneles solares fotovoltaicos ubicados en el laboratorio de energía, pero es funcional para otros sistemas similares gracias a su portabilidad.

Luego de caracterizar los sensores de temperatura infrarrojo matricial Amg8833 y Mlx90640 y de realizar las pruebas de distancia, área de detección, resolución y validación de los datos de temperatura vistos en el capítulo 3 y 4; se tiene que el sensor Amg8833 tiene una resolución y área de detección muy baja para realizar la captura de imágenes térmicas sobre la superficie de los paneles. En cambio, con el sensor seleccionado Mlx90640 las capturas de imágenes térmicas son adecuadas a temperaturas mayores a 30° Celsius y una distancia máxima de 1 metro entre el sensor y el objeto. Se verificó el acceso al punto de Internet para la comunicación con la plataforma ThingSpeak, y se considera que esta última permite ampliar la capacidad de recepción de datos de temperatura a futuro a través de la adquisición de licencias.

Con el diseño del sistema embebido, se realizaron las pruebas de reconocimiento del sensor Mlx90640, cámara pi V2 de 8MPX, pantalla touch de 3,5 pulgadas, batería de 3,7v con 3000mAh, conectividad wifi, transmisión de datos con la plataforma de ThingSpeak, pruebas de distancia, análisis de sensores, programación en Python de la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 4 y la validación de imágenes térmicas y el DAQ(data acquisition system). Como consecuencia de lo expuesto anteriormente, se diseñó el sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web, logrando capturar imágenes térmicas y hacer los análisis de resultados del capítulo 5.

Al implementar el sistema de monitoreo térmico sobre la superficie de los paneles y crear el registro de datos de temperatura, corriente e irradiación, se tuvo en cuenta las condiciones atmosféricas sugeridas por la IFC y Testo solar. Se sugiere realizar las medidas en días de baja nubosidad y de mayor brillo solar. Aunque se conozcan los meses de lluvia en la ciudad, también es relevante decir que por las condiciones climáticas de Bogotá D.C y la ubicación de la Escuela, es difícil predecir el momento de cambios climáticos repentinos acompañados de lluvia. Por lo tanto fue necesario rediseñar el sistema de monitoreo y DAQ con mayor portabilidad y facilidad de desplazamiento de un punto a otro.

Debido a la limitada capacidad de recepción de datos en la versión libre utilizada de la plataforma ThingSpeak, se decide diseñar el DAQ y trabajar el registro de datos de forma offline. Adicional a la creación del registro de imágenes térmicas, también fue necesario diseñar el DAQ para capturar de forma simultánea los datos de corrientes y temperatura para validar la información obtenida con la cámara térmica. De este modo, se logró analizar el impacto en la corriente con los ambientes artificiales implementados. Del mismo modo, se creó el histórico de datos de temperatura de 10:00 a.m a 2:00 p.m durante dos meses atendiendo las sugerencias de las guías termográficas de testo solar y fluke para hacer seguimiento remoto de deterioro de los paneles (anexo 6). Pese a ello, durante la creación del registro de datos, no fue posible garantizar que en la franja de horario mencionada no hubieran lluvias leves repentinas propias del cambio climático e impredecibles en los pronósticos meteorológicos.

Luego de crear los ambientes artificiales de polvo, heces de aves y de sombras vertical y horizontal sobre la superficie de los paneles solares. Se analizó su impacto sobre la producción energética, y se concluye que las pérdidas de corriente más significativas se dieron por efectos de sombras horizontal 76 % y vertical 36 %. En efecto, se recomienda en las instalaciones fotovoltaicas de paneles solares, ubicar las placas de tal forma que se evite la generación de

sombras vertical u horizontal. Adicional, se observó que el principal deterioro de los pánles es por corrosión derivado de la humedad del sitio de instalación. Aunque la superficie de los pánles se limpia en gran medida con el agua de la lluvia, también es importante hacer una limpieza periódica a estos, ya que en los análisis de resultados del capítulo 5 se observó que hay una pérdida aproximada de corriente del 16 % y 20 % por polvo y depósito de heces de aves en la superficie de los pánles.

6.2. Aportes

Como resultado del desarrollo de este trabajo se tienen los siguientes aportes:

- El desarrollo de un prototipo de sistema embebido de monitoreo térmico y fotográfico con acceso remoto vía web con un almacenamiento de hasta 280.000 imágenes térmicas o hasta 56.000 imágenes fotográficas, fácil conexión a internet y con una portabilidad que permite ser llevado a sitios similares para realizar capturas.
- Algoritmos diseñados para la programación de la tarjeta de desarrollo Raspberry pi4 y el sistema de adquisición de datos de corriente y temperatura.
- La caracterización de los sensores de temperatura infrarrojo matricial Amg8833 y Mlx90640 con pruebas de distancia, área de detección, resolución y validación de los datos de las imágenes térmicas vistas en el capítulo 3 y 4.
- El histórico de las imágenes térmicas capturadas con el sistema embebido, los datos de temperaturas tomadas con el sensor PT100 y las corrientes medidas con el DAQ durante los meses de noviembre y diciembre 2021.
- Los análisis de los resultados de las pruebas con ambientes artificiales de polución, polvo, heces de aves y sombras contenidos en los documentos de tesis y artículo de este proyecto.
- Manual de usuario donde se especifica el modo y tiempo de carga, encendido y apagado del dispositivo, conectividad a internet, forma de captura de imágenes térmicas y fotográficas y las instrucciones para enviar los datos de temperatura a la plataforma con acceso web ThingSpeak.

6.3. Trabajos futuros

Con base en el sistema de monitoreo térmico remoto vía web, se plantean las siguientes aplicaciones en futuros proyectos:

- Acondicionar el dispositivo de monitoreo térmico a un DRON para realizar monitoreo térmico a alturas inferiores a dos metros del objetivo.
- Adquirir una licencia académica de ThingSpeak, de tal forma que se pueda hacer transferencia de datos de 90.000 mensajes por día con tiempos de muestreo de 1 segundo; y no tener limitaciones de 8.200 mensajes por día con tiempos de muestreo de cada 15 segundos.
- Diseñar un dispositivo móvil que facilite la instalación del sistema embebido, con miras de obtener los mejores ángulos y distancias para capturar las imágenes térmicas.
- Adquirir un sensor matricial infrarrojo con una mayor resolución , con el fin de trabajar sobre superficies con áreas más grandes en paneles solares.
- Elaboración de un manual de mantenimiento preventivo de la superficie de los paneles solares en cuanto a la frecuencia y forma de limpieza.
- Evaluar el impacto por sombras vertical y horizontal en la producción energética de los paneles solares de media celda.

Referencias

- [1] Ren21, *Renewables 2020 Global Status Report*, Disponible en: <https://www.ren21.net>. Último acceso: Enero 2021.
- [2] IRENA, *International Renewable Energy Agency*. Disponible en: <https://www.irena.org>. Último acceso: Enero 2021.
- [3] J. Gómez, “La energía solar fotovoltaica en colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas.,” in *Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Mecánica*, pp. 6–9, 2017.
- [4] PARATEC, *Parámetros Técnicos del SIN*, Disponible en: <http://paratec.xm.com.co>. Último acceso: Julio 2020.
- [5] H. Rodriguez, “Censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en colombia, bogotá d.c.,” in *ICNEA Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas*, p. 13, 1996.
- [6] IDEAM, *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. Último acceso: Abril 2021.
- [7] J. Fernández, “Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portatil, proyecto de fin de carrera,” in *Universidad Carlos III de Madrid-España*, pp. 10–15, 2009.
- [8] J. Tanesab, “Seasonal effect of dust on the degradation of pv modules performance deployed,” p. 2, 2017.
- [9] R. Poyato, *Utilización de la Termografía en el mantenimiento de plantas fotovoltaicas*, Disponible en: <https://es.rs-online.com/es>. Último acceso: Abril 2021.
- [10] J. R. M Alonso and F. Chenlo, *Experimental study of mismatch and shading effects in the I–V characteristic of a photovoltaic module*, vol. 1. May 2005.

- [11] J. R. J Quevedo and D. Gonzales, “Analysis of a photovoltaic solar installation in accordance to performance parameters of iec61724,” pp. 1–5, 2019.
- [12] Fluke, *Cámaras termogáficas*, Disponible en: <https://www.fluke.com>. Último acceso: Marzo 2021.
- [13] *Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Laboratorio de Energía*. Disponible en: <https://www.escuelaing.edu.co/es/campus/laboratorio-de-energia>. Último acceso: Marzo 2021.
- [14] D. Gonzales and J. Ruiz, “Implementación del laboratorio de energía solar fotovoltaica en la escuela colombiana de ingeniería julio garavito. issn 0121-513,” vol. 1, pp. 21–29, Marzo 2019.
- [15] O. Flores, “Internet de las cosas: aplicación en monitoreo de un sistema de generación fotovoltaico,” pp. 40–44, Marzo 2016.
- [16] A. P. y. J. D. J Figueroa, “Sistema control supervisor de clientes con acceso remoto para sistemas solares fotovoltaicos autónomos,” vol. 7, pp. 367–378, Marzo 2017.
- [17] G. O. M Camargo and H. Ortega, “Plataforma de servicios basada en iot para el monitoreo y control de un sistema de generación fotovoltaica (fv) integrado con vegetación,” pp. 1–6, noviembre 2017.
- [18] C. Ranhotigamage and . S Chandra, “Field trials and performance monitoring of distributed solar panels using a low-cost wireless sensors network for domestic applications.,” vol. 11, pp. 2583–2590, Octubre 2011.
- [19] S. Seguí, *Curso energía solar fotovoltaica una apuesta de futuro sostenible*. Disponible en: <https://www.cursofotovoltaica.com>. Último acceso: Febrero 2021.
- [20] V. Borisenko, *Crystallization, Impurity Diffusion, and Segregation in Polycrystalline Silicon*. Disponible en: <https://link.springer.com>. Último acceso: Agosto 2020.
- [21] M. Chávez, *Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional ”San Antonio” de Riobamba, Ecuador*. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/2478>. Último acceso: Enero 2021.
- [22] D. Lamas, “Las sombras de la energía solar fotovoltaica análisis de los impactos negativos de su aprovechamiento,” vol. 20, pp. 1–8, 2020.

- [23] J. Payeras, “Utility scale solar photovoltaic power plants. chapter operation and maintenance,” in *International Finance Corporation*, pp. 125–134, 2015.
- [24] UPME, *LEY 1715 de 2014*. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Normatividad>. Último acceso: Octubre 2020.
- [25] CREG, *Resolución CREG 243 de 2016*. Disponible en: <https://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur>. Último acceso: Octubre 2020.
- [26] CREG, *Documento BásicoHE-Ahorro de energía*. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>. Último acceso: Octubre 2020.
- [27] IDAE, *Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones conectadas a red*. Disponible en: <https://www.idae.es>. Último acceso: Agosto 2020.
- [28] F. Martínez, “Caracterización y modelado de grandes centrales fotovoltaicas,” in *Universidad Politécnica de Madrid. Tesis Doctoral*, pp. 2–58, 2012.
- [29] Testo, *Guía práctica Termografía para instalaciones fotovoltaicas*, Disponible en: <https://www.testo.com>. Último acceso: Abril 2021.
- [30] Adafruit, *Datasheet*. Disponible en: <https://learn.adafruit.com/>. Último acceso: Abril 2021.
- [31] P. I. ThingSpeak, *Datasheet*. Disponible en: <https://thingspeak.com/>. Último acceso: Abril 2021.
- [32] C. Collado, “Metodología de la investigación,” vol. 1, Mc Graw Hill, 2014.
- [33] G. Rossum, *Python ORG*. Disponible en: <https://www.python.org>. Último acceso: Mayo 2021.
- [34] SciPy.org, *Librería Python*. Disponible en: <https://www.scipy.org/about.html>. Último acceso: Febrero 2021.
- [35] Matplotlib, *Choosing Colormaps in Matplotlib*. Disponible en: <https://matplotlib.org/stable/tutorials/colors/colormaps.html>. Último acceso: Marzo 2021.
- [36] Google, *Google Earth. EarthViewer 3D*, Disponible en: <https://earth.google.com>. Último acceso: Enero 2021.

- [37] T. Solar, *TFV-Solar, Kyocera módulo solar FV PV 87Wp*. Disponible en: <https://www.tiendafotovoltaica.es/Kyocera-modulo-solar-FV-PV-87Wp>. Último acceso: Mayo 2021.
- [38] R. Dorf, “Introduction to electric circuits. university of california,” in *Publisher, Alfaomega, 8° Edition*, pp. 67–82, 2005.
- [39] A. Creus, “Instrumentación industrial,” in *Publisher, Alfaomega, 8° Edición*, pp. 240–247, 2010.
- [40] Tecnosolab, *Datasheet*. Disponible en: <https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/>. Último acceso: Octubre 2021.

Capítulo 7

Anexos

7.1. Anexo 1. Especificaciones Sensor matricial IR 32x24 MLX90640

MLX90640 32x24 IR array

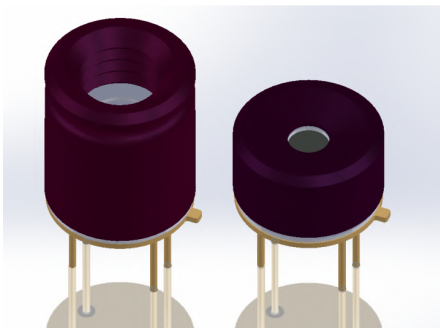
Short form Datasheet

1. Features and Benefits

- Small size, low cost 32x24 pixels IR array
- Easy to integrate
- Industry standard four lead TO39 package
- Factory calibrated
- I²C compatible digital interface
- Programmable frame rate 0,5Hz...32Hz
- 3V supply voltage
- 2 FOV options – 55°x35° and 110°x75°
- Operating temperature -40°C ÷ 85°C
- Target temperature -40°C ÷ 300°C
- Complies with RoHS regulations

2. Application Examples

- Temperature sensing in residential, industrial and commercial air conditioning
- Home appliances with temperature control
- Thermal Comfort sensor in automotive Air Conditioning control systems
- Passenger detection and classification
- Microwave ovens
- Industrial temperature control
- Identifying thermal leaks in homes
- Security / safety gates
- Presence detection / Person localization



3. Description

The MLX90640 is a fully calibrated 32x24 pixels IR array in an industry standard 4-lead TO39 package with digital interface

The MLX90640 contains 768 FIR pixels. An ambient sensor is integrated to measure the ambient temperature of the chip and supply sensor to measure the VDD. The outputs of all sensors IR, Ta and VDD are stored in internal RAM and are accessible through I²C.

MLX90640 32x24 IR array
Short form Datasheet



6. Pin Definitions and Descriptions

6.1. Pin Definition

Pin #	Name	Description
1	SDA	I ² C serial data (input / output)
2	V _{DD}	Positive supply
3	GND	Negative supply (Ground)
4	SCL	I ² C serial clock (input only)

Table 3 Pin definition

6.2. Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Remark
Supply Voltage (over voltage)	V _{DD}			5	V	
Supply Voltage (operating max voltage)	V _{DD}			3.6		
Reverse Voltage (each pin)				-0.3	V	
Operating Temperature	T _{AMB}	-40		+85	°C	
Storage Temperature	T _{ST}	-40		+125	°C	
ESD sensitivity (AEC Q100 002)		2			kV	
SDA DC sink current				40	mA	

Table 4 Absolute maximum ratings

Exceeding the absolute maximum ratings may cause permanent damage. Exposure to absolute maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

7.2. Anexo 2. Especificaciones Panel Solar KC85TS



THE NEW VALUE FRONTIER



KC85T

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTAL PHOTOVOLTAIC MODULE



LISTED

HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Kyocera's advanced cell processing technology and automated production facilities produce a highly efficient multicrystal photovoltaic module.

The conversion efficiency of the Kyocera solar cell is over 16%.

These cells are encapsulated between a tempered glass cover and a pottant with back sheet to provide efficient protection from the severest environmental conditions.

The entire laminate is installed in an anodized aluminum frame to provide structural strength and ease of installation.



APPLICATIONS

- Microwave / Radio repeater stations
- Electrification of villages in remote areas
- Medical facilities in rural areas
- Power source for summer vacation homes
- Emergency communication systems
- Water quality and environmental data monitoring systems
- Navigation lighthouses, and ocean buoys
- Pumping systems for irrigation, rural water supplies and livestock watering
- Aviation obstruction lights
- Cathodic protection systems
- Desalination systems
- Recreational vehicles
- Railroad signals
- Sailboat charging systems
- etc.

QUALIFICATIONS

- **MODULE** : UL1703 certified
Hazardous Locations Class I, Div 2, Groups A, B, C and D
- **FACTORY** : ISO9001 and ISO 14001

QUALITY ASSURANCE

Kyocera multicrystal photovoltaic modules have passed the following tests.

- Thermal cycling test
- Thermal shock test
- Thermal / Freezing and high humidity cycling test
- Electrical isolation test
- Hail impact test
- Mechanical, wind and twist loading test
- Salt mist test
- Light and water-exposure test
- Field exposure test

LIMITED WARRANTY

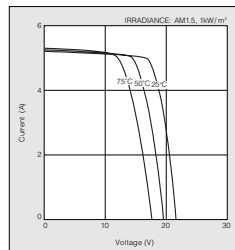
※ 1 year limited warranty on material and workmanship

※ 20 years limited warranty on power output: For detail, please refer to "category IV" in Warranty issued by Kyocera

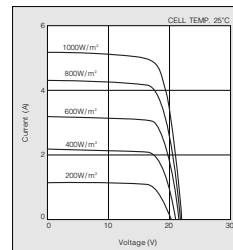
(Long term output warranty shall warrant if PV Module(s) exhibits power output of less than 90% of the original minimum rated power specified at the time of sale within 10 years and less than 80% within 20 years after the date of sale to the Customer. The power output values shall be those measured under Kyocera's standard measurement conditions. Regarding the warranty conditions in detail, please refer to Warranty issued by Kyocera)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KC85T at various cell temperatures



Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KC85T at various irradiance levels

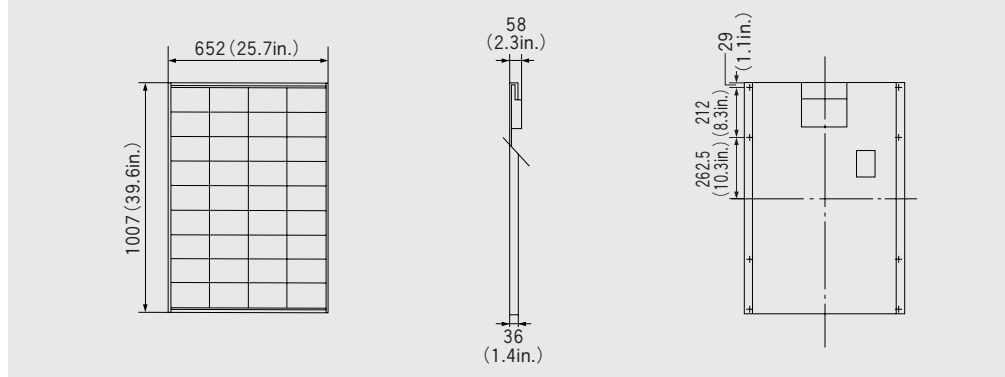


SPECIFICATIONS

KC85T

Physical Specifications

Unit : mm (in.)



Specifications

Electrical Performance under Standard Test Conditions (*STC)	
Maximum Power (Pmax)	87W (+10%/−5%)
Maximum Power Voltage (Vmpp)	17.4V
Maximum Power Current (Impp)	5.02A
Open Circuit Voltage (Voc)	21.7V
Short Circuit Current (Isc)	5.34A
Max System Voltage	600V
Temperature Coefficient of Voc	−8.21×10 ⁻² V/°C
Temperature Coefficient of Isc	2.12×10 ⁻³ A/°C
*STC : Irradiance 1000W/m ² , AM1.5 spectrum, module temperature 25°C	
Electrical Performance at 800W/m ² , NOCT, AM1.5	
Maximum Power (Pmax)	62W
Maximum Power Voltage (Vmpp)	15.3V
Maximum Power Current (Impp)	4.06A
Open Circuit Voltage (Voc)	19.7V
Short Circuit Current (Isc)	4.31A
NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) : 47°C	

Cells	
Number per Module	36
Module Characteristics	
Length × Width × Depth	1007mm(39.6in)×652mm(25.7in)×58mm(2.3in)
Weight	8.3kg(18.3lbs.)
Junction Box Characteristics	
Length × Width × Depth	170.6mm(6.7in)×181.6mm(7.5in)×51.5mm(2.0in)
IP Code	IP65
Reduction of Efficiency under Low Irradiance	
Reduction	6.1%
Reduction of efficiency from an irradiance of 1000W/m ² to 200W/m ² (module temperature 25°C)	

Please contact our office for further information



KYOCERA Corporation Headquarters

CORPORATE SOLAR ENERGY DIVISION
6 Takeda Tobadono-cho
Fushimi-ku, Kyoto
612-8501, Japan
TEL:(81)75-604-3476 FAX:(81)75-604-3475
http://www.kyocera.com

KYOCERA Solar, Inc.

7812 East Acoma Drive
Scottsdale, AZ 85260, USA
TEL:(1)480-948-8003 or (800)223-9580 FAX:(1)480-483-6431
http://www.kyocerasolar.com

KYOCERA Solar do Brasil Ltda.

Av. Guignard 661, Loja A
22790-200, Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, Brazil
TEL:(55)21-2437-8525 FAX:(55)21-2437-2338
http://www.kyocerasolar.com.br

KYOCERA Solar Pty Ltd.

Level 3, 6-10 Talavera Road, North Ryde
N.S.W. 2113, Australia
TEL:(61)2-9870-3948 FAX:(61)2-9888-9588
http://www.kyocerasolar.com.au/

KYOCERA Fin ceramics GmbH

Fritz Muller strasse 107, D-73730 Esslingen, Germany
TEL:(49)711-93934-917 FAX:(49)711-93934-950
http://www.kyocerasolar.de/

KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd.

298 Tiong Bahru Road, #13-03/05
Central Plaza, Singapore 168730
TEL:(65)6271-0500 FAX:(65)6271-0600

KYOCERA Asia Pacific Ltd.

Room 801-802, Tower 1 South Seas Centre, 75 Mody Road,
Tsimshatsui East, Kowloon, Hong Kong
TEL:(852)2-7237183 FAX:(852)2-7244501

KYOCERA Asia Pacific Ltd. Taipei Office

10 Fl., No.66, Nanking West Road, Taipei, Taiwan
TEL:(886)2-2555-3609 FAX:(886)2-2559-4131

KYOCERA(Tianjin) Sales & Trading Corporation

19F, Tower C HeQiao Building 8A GuangHua Rd.,
Chao Yang District, Beijing 100026, China
TEL:(86)10-6583-2270 FAX:(86)10-6583-2250

7.3. Anexo 3. Especificaciones tarjeta Raspberry pi 4

Chapter 1. Introduction

1.1. Introduction

Figure 1. The Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4).



The Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4) is a System on Module (SoM) containing processor, memory, eMMC Flash and supporting power circuitry. These modules allow a designer to leverage the Raspberry Pi hardware and software stack in their own custom systems and form factors. In addition these modules have extra IO interfaces over and above what is available on the Raspberry Pi boards, opening up more options for the designer.

The design of the CM4 is loosely based on the Raspberry Pi 4, Model B, and for cost sensitive applications it can be supplied without the eMMC fitted; this version is called the Raspberry Pi Compute Module 4 Lite (CM4Lite).

While [previous generations of the Compute Module](#) have all shared the same DDR2-SODIMM-mechanically-compatible form factor, the new CM4 and CM4Lite are different. The electrical interface of the CM4 is via two 100-pin high density connectors, and the new physical form factor has a smaller footprint overall when the connectors are taken into account.

This change is due to the addition of new interfaces; an additional second HDMI, PCIe, and Ethernet. The addition of these new interfaces, especially PCIe, would not have been possible while preserving the previous form factor.

i NOTE

Unless otherwise stated, for this document CM4 also refers to CM4Lite.

1.2. Features

Key features of the CM4 are as follows:

- Broadcom [BCM2711](#), Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
- Small Footprint 55mm × 40mm × 4.7mm module
 - 4 × M2.5 mounting holes
- H.265 (HEVC) (upto 4Kp60 decode), H.264 (upto 1080p60 decode, 1080p30 encode)

Chapter 2. Interfaces

2.1. Wireless

The CM4 can be supplied with an onboard wireless module based on the Cypress CYW43455 supporting both,

- 2.4 GHz, 5.0 GHz IEEE 802.11 b/g/n/ac wireless
- Bluetooth 5.0, BLE.

These wireless interfaces can be individually enabled or disabled as required. For instance, in the case of a kiosk application, a service engineer could enable wireless operation and then disable it once finished.

The CM4 has an onboard antenna. If used it should be positioned in the product such that it is not surrounded by metal, including any ground plane (see [Chapter 3](#) for further details). Alternatively there is a standard U.FL connector on the module, see [Figure 1](#), so that an external antenna can be used.

Raspberry Pi has an antenna kit which is certified to be used with the CM4. If a different antenna is used then separate certification will be required.

WARNING

Raspberry Pi Trading will not be able to assist with certification for third-party antennas.

The selection of internal or external antenna is done at boot time using the `config.txt` file, and can not be changed during operation. The `config.txt` options are `dtparam=ant1` to select the internal antenna, or `dtparam=ant2` for the external antenna.

2.1.1. WL_nDisable

This pin serves a number of functions;

1. It can be used to monitor the enable/disable state of wireless networking. A logic high means the wireless networking module is powered up.
2. When driven or tied low it prevents the wireless network module from powering up. This is useful to reduce power consumption or in applications where it is required to physically ensure the wireless networking is disabled. If the interface is enabled after being disabled, the wireless interface driver needs reinitialised.

NOTE

On CM4 modules without wireless, this pin is reserved.

2.1.2. BT_nDisable

This pin serves a number of functions;

1. It can be used to monitor the enable/disable state of Bluetooth. A logic high means the Bluetooth module is powered up.
2. When driven, or tied low, it prevents the Bluetooth module from powering up. This is useful to reduce power consumption, or in applications where it is required to physically ensure the Bluetooth is disabled. If the interface is enabled after being disabled, the Bluetooth interface driver needs reinitialised.

7.4. Anexo 4. Especificaciones Max31865

MAX31865

RTD-to-Digital Converter

Detailed Description

The MAX31865 is a sophisticated RTD-to-digital converter with a built-in 15-bit analog-to-digital converter (ADC), input protection, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic. The signal conditioning circuitry is optimized to work with PT100 through PT1000 RTDs. Thermistors are also supported.

Temperature Conversion

Resistance temperature detectors (RTDs) are sensors whose resistance varies with temperature. Platinum is the most common, most accurate wire material; platinum RTDs are referred to as PT-RTDs. Nickel, copper, and other metals may also be used to make RTDs. Characteristics of platinum RTDs include a wide temperature range (to over +800°C), excellent accuracy and repeatability, and reasonable linearity.

For PT-RTDs, the most common values for nominal resistance at 0°C are 100Ω and 1kΩ, though other values are available. The average slope between 0°C and +100°C is called alpha (α). This value depends on the impurities and their concentrations in the platinum. The two most widely used values for alpha are 0.00385 and 0.00392, corresponding to the IEC 751 (PT100) and SAMA standards.

The resistance vs. temperature curve is reasonably linear, but has some curvature, as described by the Callendar-Van Dusen equation:

$$R(T) = R_0(1 + aT + bT^2 + c(T - 100)T^3)$$

where:

T = temperature (°C)

R(T) = resistance at T

R₀ = resistance at T = 0°C

IEC 751 specifies $\alpha = 0.00385055$ and the following Callendar-Van Dusen coefficient values:

$$a = 3.90830 \times 10^{-3}$$

$$b = -5.77500 \times 10^{-7}$$

$$c = -4.18301 \times 10^{-12} \text{ for } -200^\circ\text{C} \leq T \leq 0^\circ\text{C}, 0 \text{ for } 0^\circ\text{C} \leq T \leq +850^\circ\text{C}$$

Figure 3 shows the curve of resistance vs. temperature for a PT100 RTD along with a straight-line approximation based on the slope between 0°C and +100°C.

To measure the RTD's resistance, connect a reference resistor (R_{REF}) and RTD in series and apply the bias voltage to the top of R_{REF} as shown in the [Typical](#)

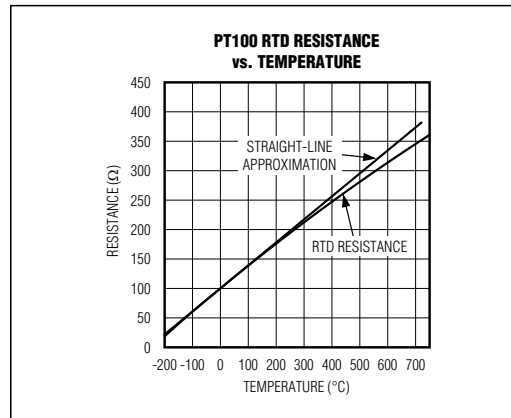


Figure 3. PT100 RTD resistance vs. temperature.

Application Circuits. The reference resistor current also flows through the RTD. The voltage across the reference resistor is the reference voltage for the ADC. The voltage across the RTD is applied to the ADC's differential inputs (RTDIN+ and RTDIN-). The ADC therefore produces a digital output that is equal to the ratio of the RTD resistance to the reference resistance. A reference resistor equal to four times the RTD's 0°C resistance is optimum for a platinum RTD. Therefore, a PT100 uses a 400Ω reference resistor, and a PT1000 uses a 4kΩ reference resistor.

A 2-wire connection (see the [Typical Application Circuits](#)) can give acceptable results when the RTD is located close to the MAX31865. Note that, for a PT100, series resistance of 0.4Ω causes an error of approximately 1°C. Therefore, as the cable length increases, the error due to cable resistance can become excessive.

The 4-wire connection eliminates errors due to cable resistance by using separate force and sense leads.

A 3-wire connection is a compromise approach that uses one less conductor than the 4-wire approach. To compensate for the voltage drop across the return wire, the voltage between FORCE+ and RTDIN+ is subtracted from (RTDIN+ - RTDIN-). This is accomplished using the FORCE2 sampling input. If the cable resistances are well-matched, the error due to cable resistance is cancelled. Select 3-wire operation by setting the 3-wire bit in the Configuration register to 1.

MAX31865

RTD-to-Digital Converter

Linearizing Temperature Data

For a temperature range of -100°C to +100°C, a good approximation of temperature can be made by simply using the RTD data as shown below:

$$\text{Temperature (}^{\circ}\text{C)} \approx (\text{ADC code}/32) - 256$$

This equation gives 0°C error at 0°C, -1.75°C error at -100°C, and -1.4°C error at +100°C (assuming an IEC751 RTD and R_{REF} equal to four times the 0 °C RTD resistance). For high precision, use the Callendar-Van Dusen equation (in the [Temperature Conversion](#) section) or a lookup table to correct the RTD's predictable nonlinearity.

Using Thermistors

Other resistive sensors, such as thermistors (NTCs or PTCs) may be used. Select an R_{REF} that is greater than or equal to the sensor's maximum resistance over the temperature range of interest. The output data is the ratio of the sensor resistance to the reference resistance.

Analog-to-Digital Converter (ADC)

The ADC has fully differential analog inputs, RTDIN+ and RTDIN-, and fully differential reference inputs, REFIN+ and REFIN-. The output code represents the ratio between the analog input voltage and the reference voltage. A negative input voltage produces an output code of 0. An input voltage greater than the reference voltage produces a full-scale output.

Input noise is attenuated by a third-order digital "sinc" filter. Noise from 50Hz or 60Hz power sources (including harmonics of the ac power's fundamental frequency) is attenuated by 82dB.

Fault Detection and Input Protection

The MAX31865 detects a variety of faults that can occur with the external RTD and 2-, 3-, or 4-wire cables. Some faults are detected on every conversion, while others are

detected only when a fault detection cycle is requested by the master. During a fault detection cycle the MAX31865 has the ability to disconnect the FORCE- input from its GND2 return path by means of an internal analog switch.

The conditions that generate a fault are listed below, see [Figure 4](#) for a fault detection flowchart.

- Detected at any point in time
 - Overvoltage ($> V_{DD}$) or undervoltage ($< GND1$) condition on FORCE+, FORCE2, RTDIN+, RTDIN-, or FORCE- pins
- Detected every ADC conversion
 - Greater than or equal to threshold high conversion result
 - Less than or equal to threshold low conversion result
- Detected on demand by initiating a Fault Detection Cycle (Configuration Register bits (D[3:2])
 - $V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$
 - $V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ when FORCE- input switch is open
 - $V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ when FORCE- input switch is open

FORCE+, FORCE2, FORCE-, RTDIN+, and RTDIN- are protected against input voltages up to $\pm 45V$. Signals applied to these pins are gated by analog switches that open when the applied voltage is typically greater than $V_{DD} + 100mV$ or less than $GND1 - 400mV$. Note that when a voltage fault occurs, the protection circuits may allow approximately 350 μA of current flow. This fault-induced leakage current does not cause any damage to the MAX31865.

When an overvoltage or undervoltage condition is detected, bit D2 of the Fault Status register is set and the ADC halts conversion updates until the fault is no longer detected, at which point conversions resume.

7.5. Anexo 5. Especificaciones ina219

Other Pins

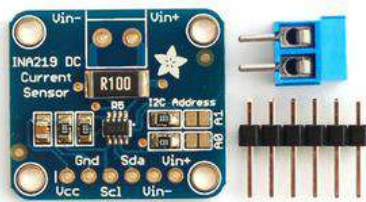
- Vin+ is the positive input pin. Connect to supply for high side current sensing or to load ground for low side sensing.
- Vin- is the negative input pin. Connect to load for high side current sensing or to board ground for low side sensing
- A0 and A1 solder jumpers - These can be bridged with solder to pull the address pin up to VIN to change the I2C address according to the list below.

I2C Addresses Based on Jumpers

- Default = 0x40
- A0 soldered = 0x41
- A1 soldered = 0x44
- A0 and A1 soldered = 0x45

Assembly

Breakout Assembly



The board comes with all surface-mount components pre-soldered. Additional parts are included to help integrate the INA219 breakout board into your project.

7.6. Anexo 6. Histórico de datos

7.6.1. Datos de temperatura-validación sistema embebido

Data from Serial	temp
11/20/2021, 11:00:00	42,4
11/20/2021, 11:01:00	43,7
11/20/2021, 11:02:00	45,4
11/20/2021, 11:03:00	46,8
11/20/2021, 11:04:00	47,8
11/20/2021, 11:05:00	49,3
11/20/2021, 11:06:00	50,2
11/20/2021, 11:07:00	50,9
11/20/2021, 11:08:00	50,4
11/20/2021, 11:09:00	51,5
11/20/2021, 11:10:00	53,5
11/20/2021, 11:11:00	53,8
11/20/2021, 11:12:00	53,9
11/20/2021, 11:13:00	53,9
11/20/2021, 11:14:00	53,9
11/20/2021, 11:15:00	54,3
11/20/2021, 11:16:00	55,2
11/20/2021, 11:17:00	55
11/20/2021, 11:18:00	55,2
11/20/2021, 11:19:00	53,3
11/20/2021, 11:20:00	51,9
11/20/2021, 11:21:00	51,8
11/20/2021, 11:22:00	51,3
11/20/2021, 11:23:00	50,6
11/20/2021, 11:24:00	52
11/20/2021, 11:25:00	51,9
11/20/2021, 11:26:00	51,6
11/20/2021, 11:27:00	50,8
11/20/2021, 11:28:00	47,3
11/20/2021, 11:29:00	46,3
11/20/2021, 11:30:00	46,6
11/20/2021, 11:31:00	45,5
11/20/2021, 11:32:00	43,5
11/20/2021, 11:33:00	42,3
11/20/2021, 11:34:00	41,1
11/20/2021, 11:35:00	41,3
11/20/2021, 11:36:00	44,2
11/20/2021, 11:37:00	45,2
11/20/2021, 11:38:00	46,6
11/20/2021, 11:39:00	48,7
11/20/2021, 11:40:00	50
11/20/2021, 11:41:00	50,6
11/20/2021, 11:42:00	51,9
11/20/2021, 11:43:00	52,6
11/20/2021, 11:44:00	53,4
11/20/2021, 11:45:00	54,6
11/20/2021, 11:46:00	55,6
11/20/2021, 11:47:00	56,2
11/20/2021, 11:48:00	57
11/20/2021, 11:49:00	56
11/20/2021, 11:50:00	55,6
11/20/2021, 11:51:00	56,2
11/20/2021, 11:52:00	56,7
11/20/2021, 11:53:00	57,4
11/20/2021, 11:54:00	57,4
11/20/2021, 11:55:00	57,2
11/20/2021, 11:56:00	56,8
11/20/2021, 11:57:00	56,7
11/20/2021, 11:58:00	56,3
11/20/2021, 11:59:00	55,8
11/20/2021, 12:00:00	56,2

Data from Serial	temp
12/07/2021, 13:00:00	42,7
12/07/2021, 13:01:00	41,4
12/07/2021, 13:02:00	39,8
12/07/2021, 13:03:00	41,7
12/07/2021, 13:04:00	44,4
12/07/2021, 13:05:00	43,6
12/07/2021, 13:06:00	41,2
12/07/2021, 13:07:00	40
12/07/2021, 13:08:00	40,2
12/07/2021, 13:09:00	41,4
12/07/2021, 13:10:00	41,3
12/07/2021, 13:11:00	41,7
12/07/2021, 13:12:00	40,4
12/07/2021, 13:13:00	37,8
12/07/2021, 13:14:00	36,2
12/07/2021, 13:15:00	35,8
12/07/2021, 13:16:00	38,3
12/07/2021, 13:17:00	40,7
12/07/2021, 13:18:00	41,3
12/07/2021, 13:19:00	41,2
12/07/2021, 13:20:00	42,3
12/07/2021, 13:21:00	42,9
12/07/2021, 13:22:00	41,3
12/07/2021, 13:23:00	40,6
12/07/2021, 13:24:00	39,9
12/07/2021, 13:25:00	39,5
12/07/2021, 13:26:00	39,7
12/07/2021, 13:27:00	39,9
12/07/2021, 13:28:00	39,6
12/07/2021, 13:29:00	39,3
12/07/2021, 13:30:00	40,2
12/07/2021, 13:31:00	42
12/07/2021, 13:32:00	43,1
12/07/2021, 13:33:00	42,8
12/07/2021, 13:34:00	44,5
12/07/2021, 13:35:00	43,7
12/07/2021, 13:36:00	44,7
12/07/2021, 13:37:00	45,4
12/07/2021, 13:38:00	46,2
12/07/2021, 13:39:00	46,5
12/07/2021, 13:40:00	43,2
12/07/2021, 13:41:00	41,8
12/07/2021, 13:42:00	41,3
12/07/2021, 13:43:00	40,9
12/07/2021, 13:44:00	42
12/07/2021, 13:45:00	42,6
12/07/2021, 13:46:00	43,1
12/07/2021, 13:47:00	43,4
12/07/2021, 13:48:00	43,4
12/07/2021, 13:49:00	45,1
12/07/2021, 13:50:00	46,3
12/07/2021, 13:51:00	46,7
12/07/2021, 13:52:00	45,2
12/07/2021, 13:53:00	45,3
12/07/2021, 13:54:00	45
12/07/2021, 13:55:00	45,3
12/07/2021, 13:56:00	43,7
12/07/2021, 13:57:00	45,7
12/07/2021, 13:58:00	45,3
12/07/2021, 13:59:00	44,3
12/07/2021, 14:00:00	42,7

Data from Serial	temp
12/09/2021, 11:50:00	39,7
12/09/2021, 11:51:00	39,2
12/09/2021, 11:52:00	41,1
12/09/2021, 11:53:00	39,3
12/09/2021, 11:54:00	38,4
12/09/2021, 11:55:00	36,8
12/09/2021, 11:56:00	35,8
12/09/2021, 11:57:00	35,1
12/09/2021, 11:58:00	34,2
12/09/2021, 11:59:00	33,4
12/09/2021, 12:00:00	33
12/09/2021, 12:01:00	32
12/09/2021, 12:02:00	32
12/09/2021, 12:03:00	32,1
12/09/2021, 12:04:00	31,4
12/09/2021, 12:05:00	30,9
12/09/2021, 12:06:00	31,1
12/09/2021, 12:07:00	30,5
12/09/2021, 12:08:00	30,2
12/09/2021, 12:09:00	30,4
12/09/2021, 12:10:00	30,5
12/09/2021, 12:11:00	29,5
12/09/2021, 12:12:00	29,6
12/09/2021, 12:13:00	29,2
12/09/2021, 12:14:00	29,2
12/09/2021, 12:15:00	29,2
12/09/2021, 12:16:00	28,9
12/09/2021, 12:17:00	28,9
12/09/2021, 12:18:00	29,3
12/09/2021, 12:19:00	29,4
12/09/2021, 12:20:00	29,2
12/09/2021, 12:21:00	29,2
12/09/2021, 12:22:00	29,4
12/09/2021, 12:23:00	29,8
12/09/2021, 12:24:00	30,1
12/09/2021, 12:25:00	29,7
12/09/2021, 12:26:00	29,6
12/09/2021, 12:27:00	30,1
12/09/2021, 12:28:00	30,9
12/09/2021, 12:29:00	30,8
12/09/2021, 12:30:00	32,4
12/09/2021, 12:31:00	34,3
12/09/2021, 12:32:00	37,6
12/09/2021, 12:33:00	38,7
12/09/2021, 12:34:00	39,4
12/09/2021, 12:35:00	41,6
12/09/2021, 12:36:00	44,1
12/09/2021, 12:37:00	44,6
12/09/2021, 12:38:00	46,3
12/09/2021, 12:39:00	46,9
12/09/2021, 12:40:00	46,3
12/09/2021, 12:41:00	47,5
12/09/2021, 12:42:00	46,6
12/09/2021, 12:43:00	45,3
12/09/2021, 12:44:00	45,8
12/09/2021, 12:45:00	47,2
12/09/2021, 12:46:00	46,9
12/09/2021, 12:47:00	44,7
12/09/2021, 12:48:00	43,1
12/09/2021, 12:49:00	43,7
12/09/2021, 12:50:00	42,5

Figura 7.1: Datos noviembre y diciembre 2021

7.6.2. Prueba simulación polvo.

Hora	I2[A]	I1[A]	Temp[°C]	Irr[W/m²]
11:33:00	1,221	1,708	47,76	886,00
11:33:10	1,33	1,772	48,14	886,00
11:33:20	1,414	1,872	48,45	886,00
11:33:30	1,637	2,133	48,68	886,00
11:33:40	1,516	2	48,85	886,00
11:33:50	1,521	2,011	49,06	886,00
11:34:00	1,107	2,1	49,3	886,00
11:34:10	1,864	2,374	49,47	886,00
11:34:20	2,165	2,631	49,67	886,00
11:34:30	3,065	3,236	49,88	886,00
11:34:40	3,747	3,489	50,18	886,00
11:34:50	3,802	3,508	50,39	886,00
11:35:00	3,762	3,468	50,52	914,00
11:35:10	3,56	3,419	50,66	914,00
11:35:20	3,651	3,362	50,76	914,00
11:35:30	3,607	3,315	50,69	914,00
11:35:40	3,497	3,254	50,63	914,00
11:35:50	3,452	3,161	50,63	914,00
11:36:00	3,335	3,037	50,66	914,00
11:36:10	3,395	3,06	51	914,00
11:36:20	3,313	2,975	51,34	914,00
11:36:30	3,321	2,957	51,55	914,00
11:36:40	3,308	2,943	51,85	914,00
11:36:50	3,271	2,936	52,19	914,00
11:37:10	3,271	2,913	52,64	914,00
11:37:20	3,309	2,964	52,77	914,00
11:37:30	3,094	2,879	52,74	914,00
11:37:40	3,26	2,866	52,71	914,00
11:37:50	3,248	2,843	52,67	914,00
11:38:00	3,229	2,81	52,64	914,00
11:38:10	3,24	2,813	52,77	914,00
11:38:20	3,185	2,796	52,95	914,00
11:38:30	3,189	2,796	53,08	914,00
11:38:40	3,213	2,797	53,29	914,00
11:38:50	3,227	2,823	53,53	914,00
11:39:00	3,178	2,765	53,63	914,00
11:39:10	3,104	2,767	53,8	914,00
11:39:20	3,179	2,733	53,87	914,00
11:39:30	3,169	2,735	53,97	914,00
11:39:40	3,144	2,722	54,21	914,00
11:39:50	3,066	2,709	54,55	914,00
11:40:00	3,048	2,694	54,75	898,00
11:40:10	3,129	2,696	54,99	898,00
11:40:20	3,116	2,685	55,27	898,00
11:40:30	3,12	2,689	55,4	898,00
11:40:40	3,079	2,667	55,54	898,00
11:40:50	3,12	2,705	55,57	898,00
11:49:50	2,807	2,412	57,38	896,00
11:50:00	2,919	2,383	57,35	897,00
11:50:10	2,964	2,347	57,28	897,00
11:50:20	2,912	2,332	57,21	897,00
11:50:30	2,806	2,353	57,28	897,00
11:50:40	2,901	2,355	57,48	897,00
11:50:50	2,873	2,341	57,42	897,00
11:51:00	2,848	2,342	57,38	897,00
11:51:10	2,878	2,354	57,42	897,00
11:51:20	2,897	2,356	57,14	897,00
11:51:30	2,88	2,358	56,73	897,00
11:51:40	2,809	2,392	56,56	897,00
11:51:50	2,764	2,402	56,63	897,00
11:52:00	2,792	2,408	56,49	897,00
11:52:10	2,896	2,42	56,6	897,00
11:52:20	2,904	2,43	56,7	897,00
11:52:30	2,849	2,391	56,67	897,00
11:52:40	2,295	2,773	56,6	897,00
11:52:50	2,296	2,794	56,56	897,00
11:53:00	2,326	2,814	56,49	897,00
11:53:10	2,297	2,667	56,53	897,00
11:53:20	2,284	2,643	56,49	897,00
11:53:30	2,286	2,763	56,43	897,00
11:53:40	2,264	2,738	56,32	897,00
11:53:50	2,306	2,788	56,15	897,00
11:54:00	2,328	2,812	56,05	897,00
11:54:10	2,317	2,836	55,98	897,00
11:54:20	2,341	2,862	55,91	897,00
11:54:30	2,328	2,845	55,85	897,00
11:54:40	2,294	2,851	55,85	897,00
11:54:50	2,282	2,816	55,88	897,00
11:55:00	2,283	2,862	55,98	856,00
11:55:10	2,267	2,827	56,05	856,00
11:55:20	2,282	2,856	56,15	856,00
11:55:30	2,266	2,716	56,22	856,00
11:55:40	2,259	2,81	56,29	856,00
11:55:50	2,246	2,669	56,19	856,00
11:56:00	2,236	2,749	56,15	856,00
11:56:10	2,295	2,834	56,02	856,00
11:56:20	2,243	2,88	55,71	856,00
11:56:30	2,313	2,79	55,3	856,00
11:56:40	2,307	2,816	54,89	856,00
11:56:50	2,289	2,912	54,41	856,00
11:57:00	2,326	2,849	53,9	856,00
11:57:10	2,32	2,857	53,49	856,00
11:57:20	2,294	2,96	53,22	856,00
11:57:30	2,342	3,039	52,81	856,00
12:06:40	1,397	1,422	39,57	255,00
12:06:50	1,394	1,426	39,57	255,00
12:07:00	1,413	1,45	39,63	255,00
12:07:10	1,412	1,449	39,6	255,00
12:07:20	1,411	1,447	39,4	255,00
12:07:30	1,409	1,355	39,09	255,00
12:07:40	1,346	1,415	38,75	255,00
12:07:50	1,392	1,302	38,45	255,00
12:08:00	1,39	1,341	38,38	255,00
12:08:10	1,365	1,399	38,38	255,00
12:08:20	1,387	1,37	38,31	255,00
12:08:30	1,383	1,421	38,17	255,00
12:08:40	1,387	1,371	37,97	255,00
12:08:50	1,384	1,33	37,87	255,00
12:09:00	1,39	1,321	37,83	255,00
12:09:10	1,393	1,423	37,87	255,00
12:09:20	1,382	1,413	37,8	255,00
12:09:30	1,4	1,335	37,66	255,00
12:09:40	1,402	1,426	37,56	255,00
12:09:50	1,399	1,426	37,5	255,00
12:10:00	1,399	1,424	37,33	233,00
12:10:10	1,404	1,427	37,09	233,00
12:10:20	1,405	1,345	36,92	233,00
12:10:30	1,411	1,432	36,92	233,00
12:10:40	1,414	1,376	36,92	233,00
12:10:50	1,381	1,436	36,85	233,00
12:11:00	1,417	1,427	36,61	233,00
12:11:10	1,43	1,441	36,51	233,00
12:11:20	1,442	1,456	36,44	233,00
12:11:30	1,457	1,461	36,34	233,00
12:11:40	1,467	1,47	36,24	233,00
12:11:50	1,474	1,477	36,1	233,00
12:12:00	1,496	1,42	36,04	233,00
12:12:10	1,511	1,498	35,93	233,00
12:12:20	1,516	1,495	35,83	233,00
12:12:30	1,535	1,5	35,76	233,00
12:12:40	1,561	1,535	35,73	233,00
12:12:50	1,573	1,449	35,63	233,00
12:13:00	1,582	1,549	35,53	233,00
12:13:10	1,595	1,554	35,46	233,00
12:13:20	1,596	1,541	35,42	233,00
12:13:30	1,614	1,571	35,39	233,00
12:13:40	1,625	1,48	35,42	233,00
12:13:50	1,637	1,586	35,42	233,00
12:14:00	1,649	1,538	35,53	233,00
12:14:10	1,65	1,574	35,63	233,00
12:14:20	1,654	1,528	35,53	233,00
12:14:30	1,654	1,501	35,39	233
12:14:40	1,657	1,537	35,39	233
12:14:50	1,653	1,595	35,36	233
12:15:00	1,647	1,589	35,32	266
12:15:10	1,648	1,592	35,26	266
12:15:20	1,646	1,515	35,12	266
12:15:30	1,644	1,471	34,92	266
12:15:40	1,64	1,472	34,85	266
12:15:50	1,632	1,464	34,78	266
12:16:00	1,615	1,546	34,85	266
12:16:10	1,618	1,503	34,85	266
12:16:20	1,604	1,542	34,81	266
12:16:30	1,616	1,569	34,78	266
12:16:40	1,618	1,571	34,78	266
12:16:50	1,616	1,509	34,71	266
12:17:00	1,604	1,527	34,58	266
12:17:10	1,592	1,482	34,51	266
12:17:20	1,566	1,526	34,44	266
12:17:30	1,561	1,415	34,37	266
12:17:40	1,347	1,422	34,37	266
12:17:50	1,305	1,426	34,47	266
12:18:00	1,312	1,487	34,47	266
12:18:10	1,282	1,427	34,54	266
12:18:20	1,535	1,51	34,58	266
12:18:30	1,508	1,5	34,58	266
12:18:40	1,522	1,49	34,44	266
12:18:50	1,539	1,42	34,34	266
12:19:00	1,523	1,492	34,24	266
12:19:10	1,535	1,5	34,2	266
12:19:20	1,535	1,406	34,14	266
12:19:30	1,539	1,514	34,14	266
12:19:40	1,522	1,485	34,24	266
12:19:50	1,537	1,502	34,37	266
12:20:00	1,552	1,516	34,47	245
12:20:10	1,567	1,531	34,71	245
12:20:20	1,569	1,534	34,88	245
12:20:30	1,576	1,539	34,98	245
12:20:40	1,587	1,527	34,95	245
12:20:50	1,586	1,527	35,02	245
12:21:00	1,614	1,471	35,09	245
12:21:10	1,647	1,588	35,26	245
12:21:20	1,692	1,622	35,32	245
12:21:30	1,818	1,711	35,36	245
12:21:40	2,015	1,858	35,42	245
12:21:50	1,913	1,79	35,46	245
12:22:00	1,697	1,509	35,49	245
12:22:10	1,699	1,624	35,49	245
12:22:20	1,758	1,536	35,53	245
12:22:30	2,503	2,221	35,53	245
12:22:40	2,476	2,216	35,53	245
12:22:50	3,176	2,716	35,53	245

Figura 7.2: 20 de noviembre 2021

Hora	I2[A]	I1[A]	t[°C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[°C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[°C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[°C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[°C]	Irr
10:10:48	1,362	1,079	25,19	255	10:21:48	1,157	0,978	24,28	238	10:32:48	1,351	1,05	23,74	232	10:43:29	1,768	1,337	26,14	307	10:54:18	2,136	1,807	29,05	364
10:10:58	1,334	1,079	25,13	255	10:21:58	1,225	0,976	24,25	238	10:32:58	1,319	1,098	23,74	232	10:43:39	1,652	1,433	26,07	307	10:54:28	2,199	1,781	28,95	364
10:11:08	1,256	1,062	25,09	255	10:22:08	1,218	0,974	24,28	238	10:33:08	1,292	1,109	23,77	232	10:43:49	1,786	1,441	26,04	307	10:54:38	2,184	1,695	28,95	364
10:11:18	1,345	1,068	24,96	255	10:22:18	1,217	0,974	24,31	238	10:33:18	1,367	1,117	23,77	232	10:43:57	1,712	1,452	26,01	307	10:54:48	2,167	1,772	29,05	364
10:11:28	1,34	1,065	24,96	255	10:22:28	1,219	0,973	24,31	238	10:33:28	1,306	1,133	23,87	232	10:44:07	1,81	1,464	25,97	307	10:54:58	2,151	1,759	29,12	364
10:11:38	1,341	1,067	24,99	255	10:22:38	1,219	0,973	24,28	238	10:33:38	1,347	1,147	23,91	232	10:44:17	1,823	1,382	25,97	307	10:55:08	2,065	1,744	29,15	359
10:11:48	1,339	1,064	25,06	255	10:22:48	1,216	1,001	24,18	238	10:33:48	1,446	1,159	23,91	232	10:44:27	1,839	1,487	26,01	307	10:55:18	2,123	1,609	29,19	359
10:11:58	1,334	1,059	25,02	255	10:22:58	1,217	1,003	24,11	238	10:33:58	1,448	1,11	23,87	232	10:44:37	1,727	1,494	26,01	307	10:55:28	2,106	1,715	29,26	359
10:12:18	1,341	1,056	24,96	255	10:23:08	1,214	1,012	24,04	238	10:34:08	1,422	1,185	23,94	232	10:44:47	1,867	1,511	25,9	307	10:55:38	2,061	1,704	29,32	359
10:12:28	1,337	1,054	25,02	255	10:23:18	1,117	0,966	23,98	238	10:34:18	1,488	1,197	24,01	232	10:44:57	1,883	1,524	25,87	307	10:55:48	2,063	1,694	29,46	359
10:12:38	1,336	1,052	24,96	255	10:23:28	1,17	0,962	23,94	238	10:34:28	1,507	1,209	24,01	232	10:45:07	1,847	1,542	25,84	334	10:55:58	2,065	1,682	29,36	359
10:12:48	1,333	1,05	24,99	255	10:23:38	1,209	0,996	23,94	238	10:34:38	1,523	1,221	23,94	232	10:45:17	1,936	1,568	25,84	334	10:56:08	2,046	1,669	29,22	359
10:12:58	1,333	1,048	25,06	255	10:23:48	1,193	0,967	23,91	238	10:34:48	1,523	1,2	23,94	232	10:45:27	1,964	1,595	25,94	334	10:56:18	2,039	1,584	29,12	359
10:13:08	1,329	1,047	25,06	255	10:23:58	1,212	0,983	23,91	238	10:34:58	1,553	1,245	23,94	232	10:45:37	2	1,534	25,97	334	10:56:28	1,963	1,645	29,09	359
10:13:18	1,329	1,045	25,06	255	10:24:08	1,197	0,978	23,91	238	10:35:08	1,563	1,197	23,98	288	10:45:47	2,041	1,656	26,07	334	10:56:38	2,016	1,636	28,98	359
10:13:28	1,327	1,045	25,09	255	10:24:18	1,196	0,956	23,98	238	10:35:19	1,582	1,23	23,98	288	10:45:57	1,992	1,691	26,17	334	10:56:48	2,006	1,626	28,98	359
10:13:38	1,324	1,043	25,19	255	10:24:28	1,187	0,922	23,94	238	10:35:29	1,508	1,282	24,01	288	10:46:07	2,129	1,728	26,17	334	10:56:58	1,999	1,589	29,12	359
10:13:48	1,31	1,037	25,33	255	10:24:38	1,184	0,947	23,87	238	10:35:39	1,611	1,293	24,01	288	10:46:17	2,175	1,766	26,21	334	10:57:08	1,988	1,572	29,12	359
10:13:58	1,241	1,039	25,36	255	10:24:48	1,181	0,945	23,84	238	10:35:49	1,625	1,304	24,18	288	10:46:27	2,236	1,709	26,17	334	10:57:18	1,984	1,597	28,95	359
10:14:08	1,314	1,036	25,23	255	10:24:58	1,181	0,945	23,84	238	10:35:59	1,642	1,314	24,21	288	10:46:37	2,172	1,852	26,17	334	10:57:28	1,98	1,505	29,12	359
10:14:18	1,313	1,035	25,16	255	10:25:08	1,176	0,911	23,87	226	10:36:09	1,662	1,323	24,18	288	10:46:47	2,335	1,79	26,21	334	10:57:38	1,983	1,605	29,22	359
10:14:28	1,306	1,026	25,09	255	10:25:18	1,161	0,913	23,87	226	10:36:19	1,655	1,303	24,18	288	10:46:57	2,371	1,924	26,38	334	10:57:48	1,99	1,609	29,26	359
10:14:38	1,308	1,034	25,06	255	10:25:28	1,17	0,936	23,87	226	10:36:29	1,678	1,345	24,31	288	10:47:07	2,326	1,947	26,58	334	10:57:58	1,994	1,592	29,22	359
10:14:48	1,307	1,022	24,99	255	10:25:38	1,166	0,93	23,87	226	10:36:39	1,688	1,354	24,42	288	10:47:17	2,38	1,934	26,78	334	10:58:08	2,004	1,622	29,26	359
10:14:58	1,229	1,028	24,96	255	10:25:48	1,159	0,928	23,87	226	10:36:49	1,698	1,365	24,48	288	10:47:27	2,331	1,897	26,99	334	10:58:18	2,031	1,528	29,32	359
10:15:08	1,3	1,027	24,92	241	10:25:58	1,156	0,929	23,91	226	10:36:59	1,706	1,367	24,35	288	10:47:37	2,306	1,88	27,02	334	10:58:28	1,965	1,66	29,46	359
10:15:18	1,201	1,019	25,02	241	10:26:08	1,152	0,923	23,94	226	10:37:09	1,714	1,315	24,52	288	10:47:47	2,286	1,863	27,02	334	10:58:38	2,052	1,658	29,63	359
10:15:28	1,302	1,026	25,02	241	10:26:18	1,145	0,921	23,87	226	10:37:19	1,735	1,394	24,62	288	10:47:57	2,256	1,823	27,02	334	10:58:48	2,044	1,541	29,8	359
10:15:38	1,299	1,025	25,06	241	10:26:28	1,135	0,918	23,91	226	10:37:29	1,758	1,385	24,62	288	10:48:07	2,118	1,816	26,99	334	10:58:58	2,005	1,637	29,83	359
10:15:48	1,217	1,02	25,06	241	10:26:38	1,14	0,916	23,91	226	10:37:39	1,735	1,394	24,62	288	10:48:17	2,185	1,818	26,99	334	10:59:08	2,024	1,544	29,8	359
10:15:58	1,293	1,023	25,09	241	10:26:48	1,126	0,905	23,94	226	10:37:49	1,758	1,413	24,69	288	10:48:27	2,238	1,721	26,95	334	10:59:18	1,9	1,642	29,66	359
10:16:08	1,295	1,021	25,06	241	10:26:58	1,136	0,907	23,94	226	10:37:59	1,765	1,419	24,82	288	10:48:37	2,238	1,822	26,95	334	10:59:28	2,032	1,647	29,59	359
10:16:18	1,293	1,05	25,02	241	10:27:08	1,133	0,91	24,01	226	10:38:09	1,774	1,426	24,82	288	10:48:47	2,207	1,81	26,99	334	10:59:38	2,038	1,653	29,56	359
10:16:28	1,213	1,02	24,99	241	10:27:18	1,13	0,908	23,94	226	10:38:19	1,784	1,432	24,89	288	10:48:57	2,245	1,83	27,26	334	10:59:48	2,041	1,561	29,56	359
10:16:38	1,276	1,019	24,99	241	10:27:28	1,078	0,905	23,94	226	10:38:29	1,794	1,439	24,92	288	10:49:07	2,28	1,859	27,46	334	10:59:58	2,054	1,668	29,66	359
10:16:48	1,288	1,02	24,96	241	10:27:38	1,125	0,9	23,91	226	10:38:39	1,794	1,439	24,92	288	10:49:17	2,276	1,853	27,53	334	11:00:08	2,077	1,683	29,66	345
10:16:58	1,289	1,019	24,99	241	10:27:48	1,119	0,905	23,77	226	10:38:49	1,797	1,442	24,92	288	10:49:27	2,273	1,818	27,7	334	11:00:18	2,092	1,699	29,8	345
10:17:08	1,181	1,014	24,99	241	10:27:58	1,114	0,906	23,67	226	10:38:59	1,798	1,444	24,96	288	10:49:37	2,19	1,865	27,83	334	11:00:28	2,089	1,698	29,9	345
10:17:18	1,284	1,018	24,92	241	10:28:08	1,062	0,907	23,64	226	10:39:09	1,806	1,445	24,92	288	10:49:47	2,313	1,877	27,9	334	11:00:38	2,094	1,585	30	345
10:17:28	1,284	1,017	24,85	241	10:28:18	1,128	0,909	23,67	226	10:39:19	1,806	1,395	24,85	288	10:49:57	2,337	1,806	27,93	334	11:00:48	2,091	1,703	30,07	345
10:17:38	1,281	1,017	24,82	241	10:28:28	1,13	0,91	23,74	226	10:39:29	1,805	1,445	24,82	288	10:50:07	2,151	1,843	28	364	11:00:58	2,088	1,585	30,07	345
10:17:48	1,28	1,016	24,82	241	10:28:38	1,12	0,886	23,81	226	10:39:39	1,808	1,385	24,92	288	10:50:17	2,206	1,795	28,04	364	11:01:08	2,097	1,703	30	345
10:17:58	1,281	0,997	24,82	241	10:28:48	1,137	0,916	23,87	226	10:39:49	1,811	1,453	24,99	288	10:50:27	2,204	1,788	27,9	364	11:01:18	1,962	1,702	29,93	345
10:18:08	1,201	1,014	24,65	241	10:28:58	1,137	0,916	23,84	226	10:39:59	1,732	1,451	25,06	288	10:50:37	2,202	1,796	27,9	364	11:01:28	2,08	1,696	29,8	345
10:18:18	1,276	1,015	24,62	241	10:29:08	1,145	0,922	23,77	226	10:40:09	1,818	1,46	25,16	288	10:50:47	2,189	1,788	27,93	364	11:01:38	2,081	1,594	29,8	345
10:18:28	1,277	1,013	24,58	241	10:29:18	1,121	0,926	23,81	226	10:40:19	1,698	1,458	25,19	307	10:50:57	2,206	1,693	27,9	364	11:01:48	1,981	1,685	29,9	345
10:18:38	1,179	1,01	24,65	241	10:29:28	1,153	0,9	23,84	226	10:40:29	1,807	1,452	25,26	307	10:51:07	2,243	1,714							

Hora	I2[A]	I1[A]	t[C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[C]	Irr	Hora	I2[A]	I1[A]	t[C]	Irr
11:05:08	2,063	1,681	29,66	345	11:15:58	2,173	1,784	29,86	377	11:41:29	2,962	2,538	39,53	610	11:52:30	2,415	2,076	37,94	470
11:05:18	2,087	1,706	29,76	345	11:16:08	2,192	1,798	29,83	377	11:41:39	2,787	2,41	39,36	610	11:52:40	2,501	2,094	37,94	470
11:05:28	2,177	1,678	29,76	345	11:16:18	2,135	1,81	29,93	377	11:41:49	2,675	2,315	39,26	610	11:52:50	2,517	2,116	37,7	470
11:05:38	2,209	1,803	29,66	345	11:16:28	2,222	1,824	29,93	377	11:41:59	2,719	2,26	39,26	610	11:53:00	2,534	2,045	37,22	470
11:05:48	2,133	1,818	29,59	345	11:16:38	2,246	1,757	29,97	377	11:42:09	2,663	2,129	39,36	610	11:53:10	2,557	2,148	36,68	470
11:05:58	2,244	1,834	29,46	345	11:16:48	2,27	1,862	29,97	377	11:42:19	2,664	2,135	39,53	610	11:53:20	2,558	2,176	36,38	470
11:06:08	2,269	1,859	29,42	345	11:16:58	2,293	1,796	29,97	377	11:42:29	2,658	2,166	39,57	610	11:53:30	2,61	2,202	36	470
11:06:18	2,251	1,943	29,32	345	11:17:08	2,332	1,916	30,14	377	11:42:39	2,755	2,305	39,57	610	11:53:40	2,546	2,216	35,83	470
11:06:28	2,316	1,797	29,39	345	11:17:18	2,369	1,946	30,31	377	11:42:49	2,785	2,391	39,67	610	11:53:50	2,556	2,22	35,56	470
11:06:38	2,291	1,876	29,39	345	11:17:28	2,409	1,925	30,47	377	11:42:59	2,972	2,487	39,6	610	11:54:00	2,603	2,2	35,32	470
11:06:48	2,26	1,936	29,46	345	11:17:38	2,462	2,007	30,64	377	11:43:09	3,079	2,559	39,4	610	11:54:10	2,619	2,212	35,39	470
11:06:58	2,416	1,976	29,49	345	11:17:48	2,544	2,102	30,81	377	11:43:19	3,02	2,519	39,26	610	11:54:20	2,683	2,279	35,66	470
11:07:08	2,432	2	29,66	345	11:17:58	2,605	2,161	30,95	377	11:43:29	2,871	2,414	39,19	610	11:54:30	2,732	2,258	35,83	470
11:07:18	2,219	1,908	29,73	345	11:18:08	2,654	2,126	31,22	377	11:43:39	2,858	2,324	39,06	610	11:54:40	2,896	2,393	36	470
11:07:28	2,256	1,845	29,7	345	11:18:18	2,801	2,329	31,32	377	11:43:49	2,801	2,355	38,99	610	11:54:50	2,834	2,316	36,17	470
11:07:38	2,322	1,9	29,66	345	11:18:28	2,881	2,42	31,46	377	11:43:59	2,648	2,217	39,06	610	11:55:00	2,981	2,301	36,44	622
11:07:48	2,496	2,054	29,7	345	11:18:38	2,922	2,347	31,59	377	11:44:09	2,648	2,218	39,19	610	11:55:10	3,051	2,395	36,88	622
11:07:58	2,512	2,022	29,59	345	11:18:48	3,04	2,545	31,73	377	11:44:19	2,699	2,153	39,3	610	11:55:20	3,24	2,414	37,33	622
11:08:08	2,384	2,022	29,59	345	11:18:58	3,09	2,579	31,86	377	11:44:29	2,785	2,343	39,53	610	11:56:20	3,123	2,543	37,09	622
11:08:18	2,448	1,947	29,59	345	11:19:08	3,23	2,749	32,07	377	11:44:39	2,712	2,335	39,5	610	11:56:30	3,155	2,646	36,85	622
11:08:28	2,441	2,003	29,7	345	11:19:18	3,304	2,738	32,2	377	11:44:49	2,694	2,292	39,63	610	11:56:40	3,088	2,572	36,82	622
11:08:38	2,393	1,963	29,8	345	11:19:28	3,36	2,823	32,47	377	11:44:59	2,772	2,325	39,67	610	11:56:50	3,005	2,495	36,82	622
11:08:48	2,412	1,982	29,73	345	11:19:38	3,36	2,869	32,78	377	11:45:09	2,714	2,347	39,77	550	11:57:00	3,077	2,583	36,85	622
11:08:58	2,485	2,037	29,56	345	11:19:48	3,361	2,88	32,95	377	11:45:19	2,801	2,342	39,6	550	11:57:10	3,127	2,604	36,85	622
11:09:08	2,456	2,104	29,56	345	11:19:58	3,434	2,842	33,15	377	11:45:29	2,784	2,333	39,47	550	11:57:20	3,137	2,581	36,82	622
11:09:18	2,583	2,116	29,7	345	11:20:08	3,417	2,941	33,19	656	11:45:39	2,823	2,355	39,3	550	11:57:30	3,135	2,602	36,82	622
11:09:28	2,54	2,088	29,76	345	11:20:18	3,364	2,916	33,22	656	11:45:49	2,807	2,349	39,33	550	11:57:40	3,119	2,644	36,78	622
11:09:38	2,49	1,956	29,73	345	11:20:28	3,407	2,974	33,25	656	11:45:59	2,822	2,362	39,4	550	11:57:50	3,165	2,62	36,68	622
11:09:48	2,498	2,05	29,76	345	11:20:38	3,401	2,962	33,36	656	11:46:09	2,827	2,288	39,47	550	11:58:00	3,16	2,615	36,65	622
11:09:58	2,484	1,946	29,73	345	11:20:48	3,373	2,912	33,46	656	11:46:19	2,795	2,344	39,5	550	11:58:50	2,934	2,468	36,48	622
11:10:08	2,565	2,112	29,76	416	11:20:58	3,311	2,851	33,53	656	11:46:30	2,819	2,35	39,47	550	11:59:00	2,976	2,51	36,75	622
11:10:18	2,594	2,1	29,63	416	11:21:08	3,124	2,674	33,63	656	11:46:40	2,732	2,292	39,67	550	11:59:10	3,044	2,59	36,75	622
11:10:28	2,521	2,075	29,63	416	11:21:18	3,008	2,576	34	656	11:46:50	2,746	2,215	39,8	550	11:59:20	3,108	2,62	36,61	622
11:10:38	2,396	1,882	29,66	416	11:21:28	3,011	2,579	34,24	656	11:47:10	2,735	2,298	39,87	550	11:59:30	3,326	2,797	36,38	622
11:10:48	2,292	1,884	29,63	416	11:21:38	2,986	2,494	34,34	656	11:47:20	2,765	2,319	39,6	550					
11:10:58	2,227	1,91	29,59	416	11:21:48	3,058	2,616	34,51	656	11:47:30	2,734	2,291	39,36	550					
11:11:08	2,321	1,909	29,53	416	11:21:58	3,16	2,751	34,68	656	11:47:40	2,676	2,251	39,19	550					
11:11:18	2,119	1,803	29,46	416	11:22:08	3,261	2,824	34,85	656	11:47:50	2,687	2,139	39,36	550					
11:11:28	2,133	1,754	29,36	416	11:22:18	3,282	2,841	34,92	656	11:48:00	2,682	2,248	39,36	550					
11:11:38	2,08	1,642	29,26	416	11:22:28	3,104	2,677	35,15	656	11:48:10	2,581	2,224	39,06	550					
11:11:48	2,081	1,707	29,22	416	11:22:39	3,117	2,708	35,42	656	11:48:20	2,653	2,227	38,72	550					
11:11:58	2,06	1,695	29,26	416	11:22:49	3,108	2,632	35,7	656	11:48:30	2,572	2,216	38,62	550					
11:12:08	2,052	1,686	29,26	416	11:22:59	3,244	2,771	35,9	656	11:48:40	2,632	2,137	38,65	550					
11:12:18	1,992	1,571	29,29	416	11:23:09	3,329	2,831	36,17	656	11:48:50	2,622	2,2	38,72	550					
11:12:28	1,884	1,639	29,32	416	11:23:19	3,409	2,908	36,51	656	11:49:00	2,54	2,187	38,89	550					
11:12:38	1,856	1,6	29,53	416	11:23:29	3,408	2,946	36,95	656	11:49:10	2,576	2,159	39,02	550					
11:13:18	1,928	1,591	29,63	416	11:23:39	3,304	2,817	37,43	656	11:49:20	2,56	2,095	39,13	550					
11:12:58	1,919	1,57	29,8	416	11:23:49	3,253	2,803	37,56	656	11:49:30	2,519	2,115	38,99	550					
11:13:08	1,887	1,546	29,93	416	11:23:59	3,29	2,843	37,77	656	11:49:40	2,506	2,097	38,99	550					
11:13:18	1,875	1,531	30,03	416	11:24:59	3,282	2,874	39,94	656	11:49:50	2,479	1,993	39,13	550					
11:13:28	1,862	1,522	29,97	416	11:25:09	3,225	2,742	40,28	792	11:50:00	2,404	2,067	39,47	470					
11:13:38	1,767	1,52	29,9	416	11:25:19	3,159	2,657	40,45	792	11:50:10	2,477	2,068	39,6	470					
11:13:48	1,867	1,524	29,76	416	11:25:29	3,442	2,919	40,62	792	11:50:20	2,432	2,039	39,3	470					
11:13:58	1,874	1,534	29,73	416	11:25:39	3,466	3,004	40,65	792	11:50:30	2,511	2,029	39,23	470					
11:14:08	1,893	1,546	29,76	416	11:26:29	3,144	2,704	41,88	792	11:50:40	2,52	2,11	39,5	470					
11:14:18	1,909	1,558	29,76	416	11:26:39	3,246	2,774	42,08	792	11:50:50	2,445	2,101	39,8	470					
11:14:28	1,936	1,579	29,83	416	11:26:49	3,194	2,733	42,05	792	11:51:00	2,513	2,094	39,97	470					
11:14:38	1,944	1,597	30	416	11:26:59	3,261	2,766	42,05	792	11:51:10	2,439	2,101	39,84	470					
11:14:48	1,979	1,619	30	416	11:27:09	3,374	2,842	42,25	792	11:51:20	2,533	2,12	39,57	470					
11:14:58	2,008	1,643	29,97	416	11:27:19	3,423	2,942	42,22	792	11:51:30	2,549	2,139	38,92	470					
11:15:08	2,036	1,669	29,9	377	11:27:49	3,065	2,608	41,95	792	11:51:40	2,498	2,087	38,62	470					
11:15:18	1,945	1,691	29,9	377	11:27:59	3,117	2,662	41,84	792	11:51:50	2,513	2,103	38,51	470					
11:15:28	2,103	1,725	29,93	377	11:28:09	3,146	2,654	41,95	792	11:52:00									

7.6.3. Prueba simulación heces de ave

Hora	I1[A]	I2[A]	t[C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[C]	Irr					
12:55:02	1,252	1,551	45,21	267	13:08:02	0,714	0,907	34,68	205	13:21:02	0,624	0,755	29,63	164	13:34:02	0,312	0,39	27,36	111	13:47:02	0,541	0,657	30,03	129
12:55:03	1,227	1,54	45,21	267	13:08:03	0,67	0,9	34,68	205	13:21:03	0,623	0,797	29,59	164	13:34:03	0,311	0,386	27,36	111	13:47:03	0,535	0,685	30,03	129
12:55:04	1,25	1,548	45,18	267	13:08:04	0,714	0,906	34,64	205	13:21:04	0,622	0,764	29,59	164	13:34:04	0,311	0,389	27,36	111	13:47:04	0,539	0,684	30,03	129
12:56:00	1,169	1,371	44,22	267	13:09:00	0,686	0,885	34,27	205	13:22:00	0,578	0,736	29,46	164	13:35:00	0,31	0,387	27,63	94	13:48:00	0,487	0,646	30,27	129
12:56:01	1,169	1,458	44,22	267	13:09:01	0,696	0,872	34,24	205	13:22:01	0,578	0,684	29,49	164	13:35:01	0,311	0,369	27,63	94	13:48:01	0,514	0,649	30,27	129
12:56:02	1,123	1,378	44,19	267	13:09:02	0,661	0,884	34,27	205	13:22:02	0,569	0,734	29,46	164	13:35:02	0,304	0,387	27,63	94	13:48:02	0,482	0,641	30,27	129
12:56:03	1,166	1,455	44,19	267	13:09:03	0,696	0,885	34,24	205	13:22:03	0,576	0,692	29,49	164	13:35:03	0,31	0,365	27,63	94	13:48:03	0,513	0,648	30,27	129
12:56:04	1,122	1,434	44,16	267	13:09:04	0,644	0,876	34,2	205	13:22:04	0,569	0,731	29,49	164	13:35:04	0,305	0,387	27,63	94	13:48:04	0,465	0,645	30,27	129
12:57:00	1,065	1,367	43,54	267	13:10:00	0,666	0,864	33,63	160	13:23:00	0,515	0,679	29,32	164	13:36:00	0,314	0,392	27,8	94	13:49:00	0,506	0,637	30,68	129
12:57:01	1,108	1,387	43,54	267	13:10:01	0,678	0,865	33,59	160	13:23:01	0,545	0,689	29,29	164	13:36:01	0,296	0,361	27,83	94	13:49:01	0,458	0,623	30,68	129
12:57:02	1,108	1,342	43,51	267	13:10:02	0,625	0,864	33,59	160	13:23:02	0,518	0,679	29,29	164	13:36:02	0,312	0,392	27,83	94	13:49:02	0,505	0,637	30,71	129
12:57:03	1,101	1,386	43,51	267	13:10:03	0,677	0,864	33,59	160	13:23:03	0,545	0,689	29,32	164	13:36:03	0,314	0,357	27,83	94	13:49:03	0,46	0,632	30,71	129
12:57:04	1,108	1,303	43,51	267	13:10:04	0,675	0,847	33,56	160	13:23:04	0,518	0,674	29,32	164	13:36:04	0,314	0,393	27,83	94	13:49:04	0,505	0,636	30,71	129
12:58:00	1,046	1,366	42,66	267	13:11:00	0,656	0,848	32,98	160	13:24:00	0,533	0,673	29,36	164	13:37:00	0,324	0,381	28,31	94	13:50:00	0,458	0,632	31,12	132
12:58:01	1,114	1,397	42,66	267	13:11:01	0,665	0,81	32,98	160	13:24:01	0,504	0,664	29,29	164	13:37:01	0,321	0,406	28,31	94	13:50:01	0,51	0,643	31,12	132
12:58:02	1,066	1,37	42,69	267	13:11:02	0,66	0,848	32,95	160	13:24:02	0,533	0,673	29,36	164	13:37:02	0,324	0,391	28,31	94	13:50:02	0,485	0,638	31,15	132
12:58:03	1,08	1,388	42,69	267	13:11:03	0,666	0,848	32,95	160	13:24:03	0,497	0,663	29,36	164	13:37:03	0,323	0,405	28,31	94	13:50:03	0,507	0,644	31,15	132
12:58:04	1,079	1,304	42,66	267	13:11:04	0,62	0,843	32,95	160	13:24:04	0,533	0,673	29,29	164	13:37:04	0,325	0,406	28,31	94	13:50:04	0,511	0,6	31,15	132
12:59:00	1,04	1,313	41,95	267	13:12:00	0,667	0,851	32,68	160	13:25:00	0,542	0,649	29,05	140	13:38:00	0,337	0,427	28,41	94	13:51:00	0,533	0,678	31,56	132
12:59:01	1,04	1,249	41,95	267	13:12:01	0,668	0,797	32,71	160	13:25:01	0,54	0,685	29,02	140	13:38:01	0,341	0,395	28,41	94	13:51:01	0,538	0,635	31,56	132
12:59:02	1,039	1,31	41,91	267	13:12:02	0,663	0,851	32,68	160	13:25:02	0,543	0,65	29,02	140	13:38:02	0,338	0,428	28,41	94	13:51:02	0,533	0,679	31,59	132
12:59:03	1,037	1,228	41,91	267	13:12:03	0,668	0,851	32,68	160	13:25:03	0,532	0,686	28,98	140	13:38:03	0,341	0,424	28,41	94	13:51:03	0,539	0,654	31,59	132
12:59:04	1,036	1,308	41,91	267	13:12:04	0,619	0,836	32,71	160	13:25:04	0,544	0,674	28,98	140	13:38:04	0,339	0,428	28,41	94	13:51:04	0,537	0,682	31,59	132
13:00:00	0,974	1,214	40,89	228	13:13:00	0,655	0,845	32,37	160	13:26:00	0,562	0,71	28,75	140	13:39:00	0,345	0,448	28,58	94	13:52:00	0,578	0,746	31,9	132
13:00:01	0,938	1,193	40,89	228	13:13:01	0,665	0,849	32,34	160	13:26:01	0,563	0,682	28,75	140	13:39:01	0,363	0,454	28,58	94	13:52:01	0,605	0,769	31,9	132
13:00:02	0,972	1,211	40,86	228	13:13:02	0,614	0,841	32,34	160	13:26:02	0,559	0,706	28,75	140	13:39:02	0,347	0,452	28,58	94	13:52:02	0,605	0,705	31,9	132
13:00:03	0,938	1,202	40,86	228	13:13:03	0,666	0,848	32,37	160	13:26:03	0,563	0,711	28,75	140	13:39:03	0,364	0,454	28,58	94	13:52:03	0,608	0,772	31,9	132
13:00:04	0,971	1,211	40,82	228	13:13:04	0,618	0,845	32,34	160	13:26:04	0,524	0,703	28,75	140	13:39:04	0,338	0,448	28,58	94	13:52:04	0,61	0,703	31,9	132
13:01:00	0,951	1,213	39,47	228	13:14:00	0,674	0,858	31,86	160	13:27:00	0,55	0,694	28,58	140	13:40:00	0,38	0,475	28,75	105					
13:01:01	0,951	1,136	39,43	228	13:14:01	0,623	0,85	31,9	160	13:27:01	0,55	0,648	28,54	140	13:40:01	0,351	0,467	28,75	105					
13:01:02	0,934	1,213	39,4	228	13:14:02	0,675	0,862	31,9	160	13:27:02	0,542	0,692	28,58	140	13:40:02	0,38	0,475	28,75	105					
13:01:03	0,95	1,194	39,4	228	13:14:03	0,638	0,813	31,9	160	13:27:03	0,549	0,691	28,61	140	13:40:03	0,354	0,47	28,78	105					
13:01:04	0,942	1,212	39,33	228	13:14:04	0,676	0,862	31,86	160	13:27:04	0,51	0,688	28,54	140	13:40:04	0,379	0,476	28,78	105					
13:02:00	0,9	1,16	38,51	228	13:15:00	0,688	0,88	31,56	169	13:28:00	0,512	0,644	28,41	140	13:41:00	0,367	0,496	29,05	105					
13:02:01	0,91	1,163	38,51	228	13:15:01	0,64	0,862	31,56	169	13:28:01	0,468	0,643	28,34	140	13:41:01	0,4	0,5	29,05	105					
13:02:02	0,859	1,162	38,51	228	13:15:02	0,688	0,879	31,52	169	13:28:02	0,511	0,642	28,34	140	13:41:02	0,375	0,492	29,05	105					
13:02:03	0,909	1,162	38,51	228	13:15:03	0,657	0,868	31,49	169	13:28:03	0,472	0,639	28,37	140	13:41:03	0,4	0,502	29,05	105					
13:02:04	0,847	1,146	38,51	228	13:15:04	0,689	0,88	31,49	169	13:28:04	0,509	0,64	28,37	140	13:41:04	0,4	0,467	29,05	105					
13:03:00	0,859	1,018	37,94	228	13:16:00	0,689	0,88	31,08	169	13:29:00	0,436	0,573	28,31	140	13:42:00	0,414	0,529	29,29	105					
13:03:01	0,851	1,099	37,94	228	13:16:01	0,636	0,87	31,08	169	13:29:01	0,462	0,579	28,31	140	13:42:01	0,423	0,52	29,29	105					
13:03:02	0,859	1,057	37,9	228	13:16:02	0,688	0,88	31,08	169	13:29:02	0,461	0,529	28,31	140	13:42:02	0,418	0,531	29,29	105					
13:03:03	0,857	1,098	37,87	228	13:16:03	0,64	0,863	31,05	169	13:29:03	0,46	0,577	28,27	140	13:42:03	0,423	0,532	29,29	105					
13:03:04	0,857	1,097	37,9	228	13:16:04	0,688	0,879	31,05	169	13:29:04	0,459	0,553	28,24	140	13:42:04	0,396	0,527	29,29	105					
13:04:00	0,842	1,055	37,22	228	13:17:00	0,64	0,879	30,64	169	13:30:00	0,409	0,519	27,83	111	13:43:00	0,412	0,566	29,36	105					
13:04:01	0,79	1,074	37,26	228	13:17:01	0,688	0,881	30,64	169	13:30:01	0,414	0,495	27,73	111	13:43:01	0,452	0,571	29,36	105					
13:04:02	0,842	1,076	37,26	228	13:17:02	0,669	0,873	30,64	169	13:30:02	0,407	0,517	27,73	111	13:43:02	0,44	0,57	29,36	105					
13:04:03	0,782	1,073	37,22	228	13:17:03	0,688	0,881	30,64	169	13:30:03	0,412	0,478	27,8	111	13:43:03	0,454	0,572	29,36	105					
13:04:04	0,841	1,074	37,22	228	13:17:04	0,688	0,824	30,64	169	13:30:04	0,412	0,515	27,8	111	13:43:04	0,453	0,522	29,36	105					
13:05:00	0,791	1,059	36,51	205	13:18:00	0,684	0,877	30,24	169	13:31:00	0,372	0,447	27,6	111	13:44:00	0,475	0,599	29,49	105					
13:05:01	0,837	1,065	36,48	205	13:18:01	0,629																		

Hora	I2[mA]	I1[mA]	irr	t	Hora	I2[mA]	I1[mA]	irr	t	Hora	I2[mA]	I1[mA]	irr	t	Hora	I2[mA]	I1[mA]	irr	t					
9:56:08	3296	2412	590	44	10:09:02	3288	2400	612	47	10:22:05	3120	2818	650	48	10:36:01	3079	2760	723	50	10:49:03	3628	2833	737	46
9:56:18	3362	2496	590	44	10:09:03	3224	2638	612	47	10:23:00	3108	2801	650	48	10:36:02	3122	2789	754	50	10:49:04	3628	2833	737	46
9:56:29	3294	2415	599	43	10:09:04	3236	2544	612	47	10:23:01	3087	2795	650	48	10:36:03	3079	2760	754	50	10:49:05	3537	2698	737	46
9:56:39	3286	2385	599	43	10:09:05	3243	2609	612	47	10:23:02	3077	2791	650	48	10:36:04	3122	2789	754	50	10:50:00	3539	2803	737	46
9:56:49	3306	2395	599	43	10:10:00	3261	2609	612	46	10:23:03	3073	2793	650	49	10:36:05	2995	2767	754	50	10:50:01	3531	2716	737	46
9:56:59	3300	2307	599	43	10:10:01	3270	2538	612	47	10:23:04	3019	2788	650	49	10:37:00	3051	2778	754	49	10:50:02	3519	2809	737	46
9:57:09	3276	2470	599	43	10:10:02	3270	2538	612	47	10:23:05	2975	2785	650	49	10:37:01	3059	2779	754	49	10:50:03	3516	2818	737	46
9:57:19	3274	2473	599	43	10:10:03	3252	2455	612	46	10:24:00	2980	2787	650	50	10:37:02	2989	2796	754	48	10:50:04	3516	2743	737	46
9:57:29	3311	2440	599	43	10:10:04	3222	2630	612	46	10:24:01	2966	2797	650	50	10:37:03	3069	2818	754	48	10:50:05	3505	2831	737	46
9:57:39	3297	2398	599	42	10:10:05	3219	2620	612	47	10:24:02	3055	2791	650	51	10:37:04	3084	2831	754	48	10:51:00	3434	2833	737	47
9:57:49	3335	2419	599	42	10:11:00	3226	2606	612	47	10:24:03	3069	2745	650	51	10:37:05	3092	2853	754	47	10:51:01	3501	2751	737	47
9:57:59	3350	2312	599	43	10:11:01	3220	2633	612	47	10:24:04	3070	2735	650	51	10:38:00	3121	2861	754	46	10:51:02	3500	2849	752	47
9:58:09	3292	2427	599	43	10:11:02	3233	2595	625	48	10:24:05	3074	2816	650	51	10:38:01	3128	2824	754	45	10:51:03	3505	2855	752	47
9:58:19	3292	2449	599	44	10:11:03	3183	2584	625	48	10:25:00	3078	2821	650	51	10:38:02	3055	2829	754	46	10:51:04	3431	2860	752	46
9:58:29	3292	2449	599	44	10:11:04	3237	2523	625	48	10:25:01	3033	2824	650	51	10:38:03	3121	2861	754	46	10:51:05	3494	2796	752	46
9:58:39	3301	2474	599	44	10:11:05	3237	2523	625	48	10:25:02	3120	2782	650	51	10:38:04	3128	2824	754	46	10:52:00	3508	2792	752	46
9:58:49	3268	2438	599	44	10:12:00	3237	2523	625	49	10:25:03	3154	2859	650	51	10:38:05	3055	2829	754	46	10:52:01	3524	2872	752	45
9:58:59	3316	2336	599	44	10:12:01	3155	2715	625	49	10:25:04	3120	2782	650	51	10:39:00	3105	2894	754	46	10:52:02	3533	2796	752	45
9:59:09	3237	2434	599	44	10:12:02	3158	2597	625	48	10:25:05	3154	2859	650	51	10:39:01	3066	2843	754	46	10:52:03	3517	2866	752	45
9:59:19	3253	2501	599	45	10:12:03	3160	2598	625	48	10:26:00	3154	2859	650	51	10:39:02	3051	2713	754	46	10:52:04	3511	2861	752	45
9:59:29	3362	2518	599	45	10:12:04	3120	2625	625	49	10:26:01	3038	2807	650	51	10:39:03	3259	2912	754	46	10:52:05	3505	2767	752	45
9:59:39	3331	2387	599	44	10:12:05	3193	2568	625	49	10:26:02	3045	2751	695	51	10:39:04	3277	2770	754	46	10:53:00	3503	2840	752	46
9:59:49	3289	2505	599	43	10:13:00	3246	2691	625	48	10:26:03	3041	2811	695	51	10:39:05	3377	2934	754	47	10:53:01	3517	2840	752	46
9:59:59	3275	2427	599	43	10:13:01	3246	2691	625	48	10:26:04	3022	2815	695	51	10:40:00	3377	2934	754	47	10:53:02	3517	2843	752	46
10:00:00	3317	2468	599	43	10:13:02	3120	2690	625	48	10:26:05	3053	2737	695	50	10:40:01	3307	2806	754	47	10:53:03	3503	2840	752	46
10:00:01	3309	2480	599	44	10:13:03	3180	2630	625	48	10:27:00	3059	2831	695	49	10:40:02	3318	2884	754	47	10:53:04	3517	2840	752	46
10:00:02	3310	2527	599	44	10:13:04	3152	2710	625	48	10:27:01	3036	2827	695	49	10:40:03	3313	2891	754	47	10:53:05	3517	2843	752	46
10:00:03	3313	2485	599	44	10:13:05	3152	2710	625	47	10:27:02	3085	2760	695	47	10:40:04	3312	2893	754	48	10:54:00	3517	2843	752	45
10:00:04	3312	2365	599	44	10:14:00	3243	2632	625	48	10:27:03	3093	2840	695	47	10:40:05	3321	2882	754	48	10:54:01	3543	2916	752	45
10:00:05	3302	2456	599	44	10:14:01	3243	2632	625	48	10:27:04	3079	2842	695	47	10:41:00	3341	2814	754	49	10:54:02	3543	2916	752	45
10:01:00	3299	2498	599	44	10:14:02	3160	2678	625	49	10:27:05	3079	2842	695	47	10:41:01	3389	2916	754	49	10:54:03	3599	2934	752	45
10:01:01	3259	2503	599	44	10:14:03	3042	2710	625	49	10:28:00	3072	2798	695	47	10:41:02	3313	2891	739	49	10:54:04	3599	2934	752	44
10:01:02	3325	2469	606	43	10:14:04	3072	2702	625	49	10:28:01	3072	2798	695	47	10:41:03	3312	2893	739	49	10:54:05	3543	2930	752	44
10:01:03	3316	2469	606	43	10:14:05	3140	2646	625	48	10:28:02	3013	2841	695	47	10:41:04	3321	2882	739	50	10:55:00	3543	2930	752	44
10:01:04	3316	2469	606	42	10:15:00	3161	2640	625	48	10:28:03	3087	2848	695	48	10:41:05	3341	2814	739	50	10:55:01	3543	2930	752	44
10:01:05	3231	2519	606	42	10:15:01	3110	2684	625	48	10:28:04	3000	2838	695	48	10:42:00	3389	2916	739	49	10:55:02	3599	2934	752	44
10:02:00	3319	2534	606	42	10:15:02	3223	2747	625	48	10:28:05	3095	2848	695	48	10:42:01	3190	2789	739	47	10:55:03	3599	2934	752	44
10:02:01	3315	2467	606	43	10:15:03	3223	2747	625	48	10:29:00	3005	2828	695	49	10:42:02	3248	2794	739	46	10:55:04	3543	2930	752	44
10:02:02	3325	2516	606	43	10:15:04	3027	2711	625	47	10:29:01	3106	2760	695	49	10:42:03	3190	2789	739	46	10:55:05	3543	2930	752	44
10:02:03	3282	2551	606	43	10:15:05	3143	2722	625	47	10:29:02	3122	2850	695	50	10:42:04	3248	2794	739	46	10:56:00	3594	2904	752	44
10:02:04	3291	2524	606	43	10:16:00	3151	2733	625	48	10:29:03	3135	2856	695	49	10:42:05	3299	2801	739	46	10:56:01	3639	2905	752	44
10:02:05	3350	2518	606	43	10:16:01	3182	2732	635	48	10:29:04	3096	2852	695	49	10:43:00	3307	2804	739	46	10:56:02	3631	2783	775	43
10:03:00	3291	2524	606	43	10:16:02	3184	2653	635	48	10:29:05	3135	2856	695	50	10:43:01	3256	2802	739	46	10:56:03	3519	2896	775	43
10:03:01	3350	2518	606	43	10:16:03	3190	2739	635	48	10:30:00	3096	2852	695	49	10:43:02	3313	2742	739	47	10:56:04	3594	2904	775	42
10:03:02	3244	2497	606	43	10:16:04	3173	2745	635	49	10:30:01	3093	2797	695	49	10:43:03	3335	2747	739	47	10:56:05	3639	2905	775	42
10:03:03	3251	2557	606	43	10:16:05	3173	2745	635	49	10:30:02	2988	2796	695	50	10:43:04	3348	2815	739	47	10:57:00	3631	2783	775	42
10:03:04	3251	2557	606	43	10:17:00	3043	2749	635	50	10:30:03	3080	2800	695	50	10:43:05	3385	2853	739	47	10:57:01	3519	2896	775	42
10:03:05	3338	2437	606	43	10:17:01	3043	2749	635	50	10:30:04	3100	2799	695	51	10:44:00	3348	2815	739	47	10:57:02	3749	3001	775	43
10:04:00	3345	2573	606	43	10:17:02	3134	2762	635	50	10:30:05	3106	2780	695	51	10:44:01	3385	2853	739	47	10:57:03	3713	2986	775	43
10:04:01	3345	2573	606	43	10:17:03	3031	2728	635	51	10:31:00	2984	2791	695	51	10:44:02	3345	2815	739	47	10:57:04	3674	2898	775	43
10:04:02	3243	2540	606	43	10:17:04	3137	2754	635	51	10:31:01	3087	2793	695	51	10:44:03	3288	2802	739	47	10:57:05	3749	3001	775	43
10:04:03	3368	2418	606	44	10:17:05	3135	2742	635	51	10:31:02	3140	2802	723	50	10:44:0									

7.6.4. Datos simulación sombras vertical

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
9:56:31	2,843	3	666	9:57:48	2,865	2,986	666	9:59:04	2,796	2,986	666	10:00:19	2,697	2,98	670
9:56:32	2,72	2,996	666	9:57:49	2,83	2,988	666	9:59:05	2,837	2,983	666	10:00:20	2,843	2,974	670
9:56:33	2,842	3,003	666	9:57:50	2,789	2,988	666	9:59:06	2,82	2,986	666	10:00:21	2,699	2,973	670
9:56:34	2,75	2,995	666	9:57:51	2,856	2,984	666	9:59:07	2,837	2,981	666	10:00:22	2,85	2,974	670
9:56:35	2,839	2,996	666	9:57:52	2,732	2,982	666	9:59:08	2,838	2,986	666	10:00:23	2,707	2,971	670
9:56:36	2,723	2,993	666	9:57:53	2,861	2,983	666	9:59:09	2,758	2,984	666	10:00:24	2,851	2,969	670
9:56:37	2,828	2,992	666	9:57:54	2,848	2,983	666	9:59:10	2,826	3,006	666	10:00:25	2,824	2,974	670
9:56:38	2,762	2,993	666	9:57:55	2,857	2,986	666	9:59:11	2,729	2,989	666	10:00:26	2,848	2,974	670
9:56:39	2,831	2,991	666	9:57:56	2,857	2,986	666	9:59:12	2,843	2,985	666	10:00:27	2,814	2,971	670
9:56:40	2,808	2,985	666	9:57:57	2,863	2,974	666	9:59:13	2,702	2,983	666	10:00:28	2,849	2,971	670
9:56:41	2,805	2,988	666	9:57:58	2,863	2,974	666	9:59:14	2,84	2,984	666	10:00:29	2,803	2,985	670
9:56:42	2,828	2,975	666	9:57:59	2,87	2,99	666	9:59:15	2,702	2,981	666	10:00:30	2,877	3,002	670
9:56:43	2,821	2,995	666	9:58:00	2,839	2,988	666	9:59:16	2,838	2,98	666	10:00:31	2,793	2,977	670
9:56:44	2,841	2,98	666	9:58:01	2,864	2,983	666	9:59:17	2,694	2,979	666	10:00:32	2,858	2,987	670
9:56:45	2,812	2,99	666	9:58:02	2,849	2,986	666	9:59:18	2,839	2,98	666	10:00:33	2,818	2,978	670
9:56:46	2,84	2,976	666	9:58:03	2,852	2,982	666	9:59:19	2,691	2,979	666	10:00:34	2,849	2,974	670
9:56:47	2,797	2,986	666	9:58:04	2,858	2,988	666	9:59:20	2,839	2,979	666	10:00:35	2,791	2,974	670
9:56:48	2,821	2,972	666	9:58:05	2,794	2,989	666	9:59:21	2,684	2,976	666	10:00:36	2,844	2,967	670
9:56:50	2,818	2,983	666	9:58:06	2,855	2,984	666	9:59:22	2,832	2,978	666	10:00:37	2,79	2,97	670
9:56:51	2,746	2,983	666	9:58:07	2,732	2,981	666	9:59:23	2,685	2,975	666	10:00:38	2,83	2,959	670
9:56:52	2,841	2,984	666	9:58:08	2,848	2,985	666	9:59:24	2,837	2,978	666	10:00:39	2,788	2,971	670
9:56:53	2,686	2,978	666	9:58:09	2,805	2,974	666	9:59:25	2,684	2,974	666	10:00:40	2,838	2,96	670
9:56:54	2,848	2,989	666	9:58:10	2,814	2,981	666	9:59:26	2,838	2,976	666	10:00:41	2,793	2,971	670
9:56:55	2,683	2,977	666	9:58:11	2,859	2,973	666	9:59:27	2,752	2,972	666	10:00:42	2,842	2,965	670
9:56:56	2,815	2,96	666	9:58:12	2,793	2,98	666	9:59:28	2,835	2,976	666	10:00:43	2,819	2,986	670
9:56:57	2,664	2,941	666	9:58:13	2,859	2,977	666	9:59:29	2,779	2,974	666	10:00:44	2,837	2,966	670
9:56:58	2,787	2,939	666	9:58:14	2,703	2,973	666	9:59:30	2,832	2,975	666	10:00:45	2,807	2,97	670
9:56:59	2,719	2,949	666	9:58:15	2,857	2,975	666	9:59:31	2,736	2,974	666	10:00:46	2,84	2,966	670
9:57:00	2,804	2,951	666	9:58:16	2,857	3,029	666	9:59:32	2,833	3	666	10:00:47	2,839	2,971	670
9:57:01	2,761	2,945	666	9:58:17	2,857	2,989	666	9:59:33	2,706	2,99	666	10:00:48	2,84	2,965	670
9:57:02	2,806	2,954	666	9:58:18	2,756	2,981	666	9:59:34	2,837	2,978	666	10:00:49	2,821	2,971	670
9:57:03	2,768	2,967	666	9:58:19	2,858	2,985	666	9:59:35	2,801	2,973	666	10:00:50	2,77	2,966	670
9:57:04	2,855	2,987	666	9:58:20	2,764	2,978	666	9:59:36	2,842	2,988	666	10:00:51	2,77	3,004	670
9:57:05	2,83	3,009	666	9:58:21	2,854	2,987	666	9:59:37	2,788	2,976	666	10:00:52	2,842	2,99	670
9:57:06	2,861	2,984	666	9:58:22	2,85	2,977	666	9:59:38	2,833	2,976	666	10:00:53	2,843	2,972	670
9:57:07	2,83	2,989	666	9:58:23	2,846	2,983	666	9:59:39	2,769	2,97	666	10:00:54	2,839	2,963	670
9:57:08	2,834	2,988	666	9:58:24	2,85	2,978	666	9:59:40	2,832	2,961	666	10:00:55	2,813	2,97	670
9:57:09	2,854	2,987	666	9:58:25	2,829	2,982	666	9:59:41	2,782	2,965	666	10:00:56	2,845	2,959	670
9:57:10	2,768	2,991	666	9:58:26	2,855	2,979	666	9:59:42	2,81	2,965	666	10:00:57	2,799	2,967	670
9:57:11	2,855	2,995	666	9:58:27	2,839	3,015	666	9:59:43	2,819	2,96	666	10:00:59	2,845	2,959	670
9:57:12	2,726	2,986	666	9:58:28	2,856	2,979	666	9:59:44	2,819	3,021	666	10:01:00	2,807	2,963	670
9:57:13	2,859	2,995	666	9:58:29	2,823	2,985	666	9:59:45	2,83	2,979	666	10:01:01	2,846	2,957	670
9:57:14	2,716	2,989	666	9:58:30	2,855	2,984	666	9:59:46	2,772	2,99	666	10:01:02	2,775	2,9	670
9:57:15	2,86	2,988	666	9:58:31	2,803	2,984	666	9:59:47	2,835	2,977	666	10:01:03	2,839	2,965	670
9:57:16	2,73	3,001	666	9:58:32	2,854	2,981	666	9:59:48	2,702	2,976	666	10:01:04	2,8	2,956	670
9:57:17	2,856	2,979	666	9:58:33	2,827	2,983	666	9:59:49	2,831	2,977	666	10:01:05	2,8	2,956	670
9:57:18	2,688	2,957	666	9:58:34	2,855	2,986	666	9:59:50	2,691	2,972	666	10:01:06	2,698	2,917	670
9:57:19	2,822	2,948	666	9:58:35	2,721	2,983	666	9:59:51	2,836	2,975	666	10:01:07	2,851	2,938	670
9:57:20	2,763	2,964	666	9:58:36	2,854	2,989	666	9:59:52	2,679	2,969	666	10:01:08	2,97	2,956	670
9:57:21	2,847	2,974	666	9:58:37	2,701	3,011	666	9:59:53	2,837	2,972	666	10:01:09	2,851	2,917	670
9:57:22	2,821	2,983	666	9:58:38	2,876	3,013	666	9:59:54	2,694	2,97	666	10:01:10	2,97	2,938	670
9:57:23	2,858	2,976	666	9:58:39	2,775	3,008	666	9:59:55	2,863	2,989	666	10:01:11	2,838	2,951	670
9:57:24	2,828	2,969	666	9:58:40	2,813	2,99	666	9:59:56	2,809	2,988	666	10:01:12	2,876	2,844	670
9:57:25	2,834	2,957	666	9:58:41	2,858	2,984	666	9:59:57	2,839	2,971	666	10:01:13	2,823	2,895	670
9:57:26	2,834	3,015	666	9:58:42	2,788	2,986	666	9:59:58	2,806	2,975	666	10:01:14	2,982	3,151	670
9:57:27	2,854	2,98	666	9:58:43	2,853	2,984	666	9:59:59	2,843	2,973	666	10:01:15	2,982	3,044	670
9:57:28	2,838	3,001	666	9:58:44	2,75	2,986	666	10:00:00	2,8	2,98	670	10:01:16	2,991	3,095	670
9:57:29	2,862	2,987	666	9:58:45	2,851	2,984	666	10:00:01	2,843	2,971	670	10:01:17	2,806	3,165	670
9:57:30	2,827	2,99	666	9:58:46	2,696	2,983	666	10:00:02	2,812	2,981	670	10:01:18	2,848	3,166	670
9:57:31	2,847	2,988	666	9:58:47	2,848	2,981	666	10:00:03	2,841	2,977	670	10:01:19	2,792	3,162	670
9:57:32	2,857	2,992	666	9:58:48	2,782	2,986	666	10:00:04	2,827	2,986	670	10:01:20	2,851	3,161	670
9:57:33	2,804	2,985	666	9:58:49	2,85	2,992	666	10:00:05	2,848	2,979	670	10:01:21	2,698	3,159	670
9:57:34	2,861	2,988	666	9:58:50	2,86	2,99	666	10:00:06	2,848	3,035	670	10:01:22	2,85	3,156	670
9:57:35	2,739	2,959	666	9:58:51	2,824	2,981	666	10:00:07	2,859	2,993	670	10:01:23	2,708	3,173	670

Figura 7.7: 27 de noviembre 2021

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
10:02:39	2,874	3,171	670	10:03:45	3,357	1,99	670	10:04:50	3,665	2,055	670	10:05:56	3,606	1,525	734
10:02:40	2,874	3,213	670	10:03:46	3,43	2,029	670	10:04:51	3,481	2,087	670	10:05:57	3,531	1,862	734
10:02:41	2,895	3,202	670	10:03:47	3,528	2,074	670	10:04:52	3,506	1,963	670	10:05:58	3,49	1,971	734
10:02:42	2,956	3,193	670	10:03:48	3,518	2,059	670	10:04:53	3,462	2,102	670	10:05:59	3,425	2,163	734
10:02:43	2,886	3,196	670	10:03:49	3,562	2,044	670	10:04:54	3,47	2,098	670	10:06:00	3,452	2,078	734
10:02:44	2,959	3,19	670	10:03:50	3,612	1,871	670	10:04:55	3,515	1,914	670	10:06:01	3,43	2,152	734
10:02:45	2,918	3,198	670	10:03:51	3,795	1,871	670	10:04:56	3,476	2,085	670	10:06:02	3,448	2,044	734
10:02:46	2,96	3,193	670	10:03:52	3,807	2,063	670	10:04:57	3,417	2,063	670	10:06:03	3,432	2,15	734
10:02:47	2,916	3,192	670	10:03:53	3,545	2,063	670	10:04:58	3,471	2,08	670	10:06:04	3,47	1,923	734
10:02:48	2,963	3,188	670	10:03:54	3,563	2,071	670	10:04:59	3,564	1,615	670	10:06:05	3,497	1,922	734
10:02:49	2,924	3,194	670	10:03:55	3,52	2,043	670	10:05:00	3,513	2,054	734	10:06:06	3,554	1,587	734
10:02:50	2,963	3,194	670	10:03:56	3,553	2,067	670	10:05:01	3,513	1,963	734	10:06:07	3,554	1,587	734
10:02:51	2,936	3,199	670	10:03:57	3,526	2,039	670	10:05:02	3,571	1,818	734	10:06:08	3,447	1,994	734
10:02:52	2,926	3,167	670	10:03:58	3,538	2,074	670	10:05:03	3,507	2,015	734	10:06:09	3,426	2,129	734
10:02:53	2,897	3,162	670	10:03:59	3,539	2	670	10:05:04	3,497	2,069	734	10:06:10	3,441	2,018	734
10:02:54	2,837	3,081	670	10:04:00	3,648	1,653	670	10:05:05	3,537	2,018	734	10:06:11	3,436	2,135	734
10:02:55	2,726	3,033	670	10:04:01	3,662	1,667	670	10:05:06	3,494	2,029	734	10:06:12	3,459	1,974	734
10:02:56	2,783	3,034	670	10:04:02	3,576	1,885	670	10:05:08	3,512	2,075	734	10:06:13	3,425	2,114	734
10:02:57	2,714	3,001	670	10:04:03	3,603	1,822	670	10:05:09	3,559	1,792	734	10:06:14	3,444	2,01	734
10:02:58	2,679	2,916	670	10:04:04	3,546	2,037	670	10:05:10	3,507	2,09	734	10:06:15	3,427	2,105	734
10:02:59	2,481	2,746	670	10:04:05	3,506	2,179	670	10:05:11	3,455	2,063	734	10:06:16	3,447	2,018	734
10:03:00	2,224	2,49	670	10:04:06	3,433	2,161	670	10:05:12	3,495	2,104	734	10:06:17	3,431	2,084	734
10:03:01	2,079	2,395	670	10:04:07	3,474	2,196	670	10:05:13	3,472	2,061	734	10:06:18	3,449	2,01	734
10:03:02	2,101	2,432	670	10:04:08	3,447	2,086	670	10:05:14	3,497	2,124	734	10:06:19	3,442	2,071	734
10:03:03	2,187	2,539	670	10:04:09	3,479	2,188	670	10:05:15	3,483	2,015	734	10:06:20	3,45	1,985	734
10:03:04	2,206	2,546	670	10:04:10	3,417	2,198	670	10:05:16	3,499	2,078	734	10:06:21	3,419	2,09	734
10:03:05	2,269	2,631	670	10:04:11	3,35	2,111	670	10:05:17	3,814	1,85	734	10:06:22	3,441	2,01	734
10:03:06	2,269	2,631	670	10:04:12	3,099	2,009	670	10:05:18	3,815	1,9	734	10:06:23	3,418	2,089	734
10:03:07	2,687	2,882	670	10:04:13	2,982	1,773	670	10:05:19	3,824	1,95	734	10:06:24	3,44	1,982	734
10:03:08	2,637	2,938	670	10:04:14	3,059	1,873	670	10:05:20	3,81	2	734	10:06:25	3,426	2,087	734
10:03:09	2,667	2,899	670	10:04:15	3,165	1,784	670	10:05:21	3,5	2,132	734	10:06:26	3,44	2,005	734
10:03:10	2,436	2,818	670	10:04:16	3,156	1,896	670	10:05:22	3,424	2,136	734	10:06:27	3,429	2,083	734
10:03:11	2,396	2,629	670	10:04:17	3,037	1,768	670	10:05:23	3,425	2,096	734	10:06:28	3,436	1,978	734
10:03:12	2	2,344	670	10:04:18	2,941	1,899	670	10:05:24	3,239	1,983	734	10:06:29	3,424	2,051	734
10:03:13	1,916	2,124	670	10:04:19	2,891	1,712	670	10:05:25	3,127	1,941	734	10:06:30	3,419	1,977	734
10:03:14	1,651	1,957	670	10:04:20	3,044	1,966	670	10:05:26	3,06	1,941	734	10:06:31	3,415	2,092	734
10:03:15	1,674	1,863	670	10:04:21	3,208	1,819	670	10:05:27	3,212	2,009	734	10:06:32	3,426	1,973	734
10:03:16	1,58	1,881	670	10:04:22	3,343	2,044	670	10:05:28	3,497	2,096	734	10:06:33	3,428	2,094	734
10:03:17	1,906	1,997	670	10:04:23	3,525	1,612	670	10:05:29	3,617	1,983	734	10:06:34	3,424	1,975	734
10:03:18	1,986	1,981	670	10:04:24	3,677	1,612	670	10:05:30	3,731	1,941	734	10:06:35	3,422	2,09	734
10:03:19	2,211	1,963	670	10:04:25	3,68	1,612	670	10:05:31	3,735	1,941	734	10:06:36	3,43	1,954	734
10:03:20	2,135	1,904	670	10:04:26	3,527	2,072	670	10:05:32	3,666	2,009	734	10:06:37	3,433	2,031	734
10:03:21	2,1	1,812	670	10:04:27	3,529	1,908	670	10:05:33	3,464	2,074	734	10:06:38	3,425	1,968	734
10:03:22	1,913	1,671	670	10:04:28	3,52	2,061	670	10:05:34	3,446	2,131	734	10:06:39	3,424	2,043	734
10:03:23	1,873	1,599	670	10:04:29	3,481	2,054	670	10:05:35	3,449	2,045	734	10:06:40	3,419	1,969	734
10:03:24	1,846	1,604	670	10:04:30	3,493	2,145	670	10:05:36	3,456	2,147	734	10:06:41	3,408	2,093	734
10:03:25	1,799	1,517	670	10:04:31	3,498	2,059	670	10:05:37	3,473	2,044	734	10:06:42	3,42	1,988	734
10:03:26	1,69	1,45	670	10:04:32	3,501	2,096	670	10:05:38	3,682	2,044	734	10:06:43	3,409	2,099	734
10:03:27	1,791	1,247	670	10:04:33	3,45	2,083	670	10:05:39	3,76	2,045	734	10:06:44	3,418	1,969	734
10:03:28	1,938	1,31	670	10:04:34	3,519	2,097	670	10:05:40	3,756	2,147	734	10:06:45	3,416	2,085	734
10:03:29	2,118	1,362	670	10:04:35	3,476	2,061	670	10:05:41	3,762	2,044	734	10:06:46	3,493	1,669	734
10:03:30	2,248	1,466	670	10:04:36	3,488	2,099	670	10:05:42	3,768	2,044	734	10:06:47	3,424	2,072	734
10:03:31	2,42	1,447	670	10:04:37	3,456	2,059	670	10:05:43	3,486	2,044	734	10:06:48	3,38	2,061	734
10:03:32	2,552	1,58	670	10:04:38	3,522	2,098	670	10:05:44	3,475	2,159	734	10:06:49	3,419	2,1	734
10:03:33	2,6	1,512	670	10:04:39	3,443	2,071	670	10:05:45	3,43	2,135	734	10:06:50	3,379	2,065	734
10:03:34	2,568	1,562	670	10:04:40	3,484	2,1	670	10:05:46	3,476	2,145	734	10:06:51	3,418	2,095	734
10:03:35	2,482	1,434	670	10:04:41	3,443	2,063	670	10:05:47	3,408	2,115	734	10:06:52	3,37	2,058	734
10:03:36	2,346	1,457	670	10:04:42	3,477	2,101	670	10:05:48	3,466	2,147	734	10:06:53	3,432	2,094	734
10:03:37	2,197	1,457	670	10:04:43	3,432	2,09	670	10:05:49	3,409	2,127	734	10:06:54	3,369	2,072	734
10:03:38	2,136	1,327	670	10:04:44	3,488	2,103	670	10:05:50	3,461	2,145	734	10:06:55	3,408	2,096	734
10:03:39	2,129	1,457	670	10:04:45	3,489	2,078	670	10:05:51	3,403	2,113	734	10:06:56	3,353	2,052	734
10:03:40	2,215	1,327	670	10:04:46	3,483	2,038	670	10:05:52	3,46	2,153	734	10:06:57	3,68	1,894	734
10:03:41	2,429	1,368	670	10:04:47	3,458	2,1	670	10:05:53	3,416	2,131	734	10:06:58	3,696	1,872	734
10:03:42	2,763	1,71	670	10:04:48	3,475	2,012	670	10:05:54	3,695	2,131	734	10:06:59	3,691	1,896	734
10:03:43	3,067	1,841	670	10:04:49	3,484	2,055	670	10:05:55	3,622	2,136	734	10:07:00	3,689	1,874	734

Figura 7.8: 27 de noviembre 2021

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
10:08:07	3,494	1,742	734	10:09:12	3,461	2,16	734	10:10:21	3,746	2,209	708	10:11:27	1,073	0,754	708	10:12:32	0,735	0,574	708
10:08:08	3,513	1,583	734	10:09:13	3,481	2,093	734	10:10:22	3,76	2,089	708	10:11:28	1,095	0,718	708	10:12:33	0,747	0,572	708
10:08:09	3,399	2,117	734	10:09:14	3,461	2,152	734	10:10:23	3,757	2,219	708	10:11:29	1,097	0,775	708	10:12:34	0,733	0,571	708
10:08:10	3,394	2,095	734	10:09:15	3,483	2,177	734	10:10:24	3,766	2,211	708	10:11:30	1,155	0,754	708	10:12:35	0,743	0,551	708
10:08:11	3,399	2,09	734	10:09:16	3,432	2,156	734	10:10:25	3,754	2,226	708	10:11:31	1,245	0,855	708	10:12:36	0,738	0,567	708
10:08:12	3,391	2,104	734	10:09:18	3,49	2,186	734	10:10:26	3,778	2,24	708	10:11:32	1,309	0,842	708	10:12:37	0,741	0,56	708
10:08:13	3,403	2,036	734	10:09:19	3,445	2,146	734	10:10:27	3,737	2,221	708	10:11:33	1,171	0,802	708	10:12:38	0,725	0,561	708
10:08:14	3,547	2,036	734	10:09:20	3,501	2,182	734	10:10:28	3,766	2,235	708	10:11:34	1,07	0,745	708	10:12:39	0,739	0,563	708
10:08:15	3,677	2,105	734	10:09:21	3,499	2,075	734	10:10:29	3,636	2,168	708	10:11:35	0,938	0,699	708	10:12:40	0,682	0,555	708
10:08:16	3,672	2,096	734	10:09:22	3,503	2,19	734	10:10:30	3,58	2,096	708	10:11:36	0,965	0,701	708	10:12:41	0,74	0,561	708
10:08:17	3,683	1,769	734	10:09:23	3,491	2,033	734	10:10:31	3,229	1,806	708	10:11:37	0,912	0,68	708	10:12:42	0,686	0,549	708
10:08:18	3,695	2,096	734	10:09:24	3,259	1,954	734	10:10:32	2,941	1,699	708	10:11:38	0,948	0,696	708	10:12:43	0,733	0,557	708
10:08:19	3,698	1,769	734	10:09:25	3,446	1,875	734	10:10:33	2,821	1,524	708	10:11:39	0,943	0,653	708	10:12:44	0,691	0,547	708
10:08:20	3,71	1,742	734	10:09:26	3,587	2,075	734	10:10:34	2,578	1,489	708	10:11:40	0,926	0,687	708	10:12:45	0,736	0,551	708
10:08:21	3,723	1,583	734	10:09:27	3,65	1,985	734	10:10:35	2,351	1,299	708	10:11:41	0,934	0,646	708	10:12:46	0,741	0,516	708
10:08:22	3,725	2,117	734	10:09:28	3,623	2,088	734	10:10:36	2,355	1,413	708	10:11:42	0,913	0,685	708	10:12:47	0,728	0,555	708
10:08:23	3,732	2,095	734	10:09:29	3,625	2,081	734	10:10:37	2,321	1,321	708	10:11:43	0,923	0,684	708	10:12:48	0,744	0,52	708
10:08:24	3,734	2,09	734	10:09:30	3,748	2,177	734	10:10:38	2,197	1,32	708	10:11:44	0,856	0,675	708	10:12:49	0,733	0,552	708
10:08:25	3,738	2,104	734	10:09:31	3,709	2,174	734	10:10:39	2,316	1,38	708	10:11:45	0,914	0,68	708	10:12:50	0,742	0,54	708
10:08:26	3,738	2,036	734	10:09:32	3,766	2,192	734	10:10:40	2,243	1,356	708	10:11:46	0,842	0,668	708	10:12:51	0,723	0,552	708
10:08:27	3,707	1,444	734	10:09:33	3,759	2,058	734	10:10:41	2,213	1,329	708	10:11:47	0,906	0,676	708	10:12:52	0,75	0,56	708
10:08:28	3,452	1,827	734	10:09:34	3,716	2,15	734	10:10:42	1,979	1,229	708	10:11:48	0,869	0,664	708	10:12:53	0,699	0,554	708
10:08:29	3,376	2,104	734	10:09:35	3,676	2,043	734	10:10:43	1,954	1,197	708	10:11:49	0,896	0,673	708	10:12:54	0,761	0,561	708
10:08:30	3,442	2,018	734	10:09:36	3,672	2,129	734	10:10:44	1,755	1,126	708	10:11:50	0,893	0,632	708	10:12:55	0,727	0,556	708
10:08:31	3,433	2,143	734	10:09:37	3,718	2,162	734	10:10:45	1,726	1,085	708	10:11:51	0,881	0,669	708	10:12:56	0,767	0,564	708
10:08:32	3,461	2,066	734	10:09:38	3,681	2,14	734	10:10:46	1,552	1,003	708	10:11:52	0,887	0,645	708	10:12:57	0,741	0,535	708
10:08:33	3,449	2,136	734	10:09:39	3,75	2,191	734	10:10:47	1,53	0,998	708	10:11:53	0,871	0,664	708	10:12:58	0,775	0,566	708
10:08:34	3,462	2,142	734	10:09:40	3,703	2,18	734	10:10:48	1,521	0,952	708	10:11:54	0,879	0,663	708	10:12:59	0,778	0,526	708
10:08:35	3,408	2,12	734	10:09:41	3,757	2,198	734	10:10:49	1,516	0,996	708	10:11:55	0,813	0,649	708	10:13:00	0,779	0,569	708
10:08:36	3,463	2,152	734	10:09:42	3,723	2,193	734	10:10:50	1,489	0,925	708	10:11:56	0,873	0,659	708	10:13:01	0,787	0,532	708
10:08:37	3,424	2,118	734	10:09:43	3,759	2,205	734	10:10:51	1,406	0,955	708	10:11:57	0,805	0,646	708	10:13:02	0,782	0,573	708
10:08:38	3,459	2,161	734	10:09:44	3,759	2,072	734	10:10:52	1,383	0,89	708	10:11:58	0,865	0,655	708	10:13:03	0,795	0,551	708
10:08:39	3,469	2,062	734	10:09:45	3,75	2,202	734	10:10:53	1,073	0,906	708	10:11:59	0,853	0,652	708	10:13:04	0,795	0,574	708
10:08:40	3,461	2,16	734	10:09:46	3,749	2,064	734	10:10:54	1,312	0,852	708	10:12:00	0,858	0,65	708	10:13:05	0,804	0,578	708
10:08:41	3,481	2,093	734	10:09:47	3,746	2,209	734	10:10:55	1,283	0,887	708	10:12:01	0,853	0,61	708	10:13:06	0,749	0,566	708
10:08:42	3,461	2,152	734	10:09:48	3,76	2,089	734	10:10:56	1,314	0,884	708	10:12:02	0,831	0,647	708	10:13:07	0,815	0,584	708
10:08:43	3,483	2,177	734	10:09:49	3,757	2,219	734	10:10:57	0,501	0,761	708	10:12:03	0,846	0,607	708	10:13:08	0,771	0,574	708
10:08:44	3,432	2,156	734	10:09:50	3,766	2,211	734	10:10:58	0,296	0,785	708	10:12:04	0,836	0,641	708	10:13:09	0,824	0,589	708
10:08:45	3,49	2,186	734	10:09:51	3,754	2,226	734	10:10:59	0,274	0,722	708	10:12:05	0,838	0,612	708	10:13:10	0,831	0,546	708
10:08:46	3,445	2,146	734	10:09:52	3,778	2,24	734	10:11:00	0,301	0,705	708	10:12:06	0,829	0,637	708	10:13:11	0,824	0,595	708
10:08:47	3,501	2,182	734	10:09:53	3,737	2,221	734	10:11:01	0,295	0,664	708	10:12:07	0,831	0,611	708	10:13:12	0,843	0,559	708
10:08:48	3,499	2,075	734	10:09:54	3,766	2,235	734	10:11:02	0,339	0,554	708	10:12:08	0,81	0,632	708	10:13:13	0,835	0,601	708
10:08:49	3,503	2,19	734	10:09:55	3,636	2,168	734	10:11:03	0,341	0,514	708	10:12:09	0,822	0,604	708	10:13:14	0,861	0,589	708
10:08:50	3,491	2,033	734	10:09:56	3,446	1,875	734	10:11:04	0,331	0,538	708	10:12:10	0,805	0,628	708	10:13:15	0,846	0,606	708
10:08:51	3,259	1,954	734	10:09:57	3,587	2,075	734	10:11:05	0,34	0,535	708	10:12:11	0,815	0,597	708	10:13:16	0,9	0,626	708
10:08:52	3,71	1,742	734	10:09:58	3,65	1,985	734	10:11:06	0,332	0,547	708	10:12:12	0,789	0,623	708	10:13:17	0,858	0,629	708
10:08:53	3,723	1,583	734	10:09:59	3,623	2,088	734	10:11:07	0,336	0,573	708	10:12:13	0,805	0,579	708	10:13:18	0,997	0,69	708
10:08:54	3,725	2,117	734	10:10:00	3,625	2,081	708	10:11:08	0,312	0,606	708	10:12:14	0,801	0,617	708	10:13:19	1,079	0,735	708
10:08:55	3,732	2,095	734	10:10:04	3,748	2,177	708	10:11:09	0,334	0,62	708	10:12:15	0,799	0,579	708	10:13:20	1,043	0,749	708
10:08:56	3,734	2,09	734	10:10:05	3,709	2,174	708	10:11:10	0,302	0,628	708	10:12:16	0,785	0,611	708	10:13:21	0,917	0,686	708
10:08:57	3,738	2,104	734	10:10:06	3,766	2,192	708	10:11:11	0,807	0,733	708	10:12:17	0,791	0,576	708	10:13:22	0,841	0,717	708
10:08:58	3,738	2,036	734	10:10:07	3,759	2,058	708	10:11:12	1,028	0,734	708	10:12:18	0,771	0,605	708	10:13:23	0,914	0,74	708
10:08:59	3,707	1,444	734	10:10:08	3,716	2,15	708	10:11:13	1,081	0,75	708	10:12:19	0,781	0,567	708	10:13:24	0,988	0,817	708
10:09:00	3,452	1,827	734	10:10:09	3,676	2,043	708	10:11:14	1,053	0,714	708	10:12:20	0,77	0,601	708	10:13:25	0,849	0,838	708
10:09:01	3,376	2,104	734	10:10:10	3,672	2,129	708	10:11:15	1,075	0,747	708	10:12:21	0,777	0,578	708	10:13:26	0,866	0,91	708
10:09:02	3,442	2,018	734	10:10:11	3,718	2,162	708	10:11:16	1,071	0,698	708	10:12:22	0,765	0,592	708	10:13:27	0,947	0,968	708
10:09:03	3,433	2,143	734	10:10:12	3,681	2,14	708	10:11:17	1,062	0,741	708	10:12:23	0,771	0,593	708	10:13:28	0,878	0,969	708
10:09:04	3,461	2,066	734	10:10:13	3,75	2,191	708	10:11:18	1,059	0,686	708	10:12:24	0,76	0,59	708	10:13:30	0,959	0,989	

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
10:13:38	1,107	0,745	708	10:14:43	1,381	1,022	708	10:15:49	4,11	2,72	552	10:16:54	3,948	2,596	552	10:18:00	3,835	2,535	552
10:13:39	0,998	0,729	708	10:14:44	1,552	1,06	708	10:15:50	4,045	2,726	552	10:16:55	3,918	2,647	552	10:18:01	3,836	2,463	552
10:13:40	1,045	0,719	708	10:14:45	1,669	1,179	708	10:15:51	4,105	2,721	552	10:16:56	3,94	2,65	552	10:18:02	3,806	2,535	552
10:13:41	0,993	0,72	708	10:14:46	1,9	1,313	708	10:15:52	4,071	2,722	552	10:16:57	3,828	2,637	552	10:18:03	3,832	2,464	552
10:13:42	1,066	0,729	708	10:14:47	2,144	1,512	708	10:15:53	4,108	2,722	552	10:16:58	3,936	2,643	552	10:18:04	3,826	2,535	552
10:13:43	1,073	0,759	708	10:14:48	2,593	1,674	708	10:15:54	4,085	2,737	552	10:16:59	3,879	2,612	552	10:18:05	3,829	2,453	552
10:13:44	1,174	0,8	708	10:14:49	2,617	1,734	708	10:15:55	4,105	2,687	552	10:17:00	3,893	2,629	552	10:18:06	3,799	2,534	552
10:13:45	1,12	0,814	708	10:14:50	2,931	1,863	708	10:15:56	4,086	2,73	552	10:17:01	3,928	2,545	552	10:18:07	3,825	2,442	552
10:13:46	1,188	0,807	708	10:14:51	3,21	2,07	708	10:15:57	4,104	2,687	552	10:17:02	3,913	2,627	552	10:18:08	3,825	2,531	552
10:13:47	1,048	0,762	708	10:14:52	3,708	2,332	708	10:15:58	4,057	2,733	552	10:17:03	3,926	2,61	552	10:18:09	3,806	2,458	552
10:13:48	1,078	0,749	708	10:14:53	3,799	2,444	708	10:15:59	4,097	2,673	552	10:17:04	3,817	2,607	552	10:18:10	3,826	2,531	552
10:13:49	0,98	0,727	708	10:14:54	3,908	2,462	708	10:16:00	4,068	2,727	552	10:17:05	3,921	2,614	552	10:18:11	3,765	2,525	552
10:13:50	1,047	0,734	708	10:14:55	3,842	2,438	708	10:16:01	4,09	2,673	552	10:17:06	3,815	2,594	552	10:18:12	3,819	2,529	552
10:13:51	0,978	0,733	708	10:14:56	3,967	2,498	708	10:16:02	4,053	2,725	552	10:17:07	3,914	2,612	552	10:18:13	3,687	2,51	552
10:13:52	1,061	0,746	708	10:14:57	3,871	2,471	708	10:16:03	4,079	2,68	552	10:17:08	3,89	2,538	552	10:18:14	3,817	2,527	552
10:13:53	1,029	0,754	708	10:14:58	3,991	2,523	708	10:16:04	4,018	2,728	552	10:17:09	3,896	2,609	552	10:18:15	3,699	2,5	552
10:13:54	1,125	0,782	708	10:14:59	3,932	2,528	708	10:16:05	4,073	2,659	552	10:17:10	3,912	2,534	552	10:18:16	3,814	2,528	552
10:13:55	1,106	0,785	708	10:15:00	4,052	2,57	552	10:16:06	4,065	2,737	552	10:17:11	3,875	2,573	552	10:18:17	3,689	2,494	552
10:13:56	1,225	0,845	708	10:15:01	3,891	2,491	552	10:16:07	4,056	2,642	552	10:17:12	3,917	2,572	552	10:18:18	3,811	2,527	552
10:13:57	1,408	0,935	708	10:15:02	3,316	2,073	552	10:16:08	4,047	2,739	552	10:17:13	3,802	2,586	552	10:18:19	3,701	2,505	552
10:13:58	1,67	1,095	708	10:15:03	2,444	1,655	552	10:16:09	4,062	2,649	552	10:17:14	3,91	2,575	552	10:18:20	3,817	2,526	552
10:13:59	1,622	0,976	708	10:15:04	2,445	1,628	552	10:16:10	4,055	2,737	552	10:17:15	3,833	2,558	552	10:18:21	3,706	2,506	552
10:14:00	1,382	0,911	708	10:15:05	2,338	1,627	552	10:16:11	4,054	2,647	552	10:17:16	3,9	2,579	552	10:18:22	3,817	2,523	552
10:14:01	1,207	0,775	708	10:15:06	2,539	1,684	552	10:16:12	4,039	2,743	552	10:17:17	3,9	2,504	552	10:18:23	3,787	2,519	552
10:14:02	1,153	0,807	708	10:15:07	2,433	1,661	552	10:16:13	4,04	2,662	552	10:17:18	3,865	2,567	552	10:18:24	3,82	2,491	552
10:14:03	1,121	0,731	708	10:15:08	2,613	1,692	552	10:16:14	4,037	2,742	552	10:17:19	3,9	2,518	552	10:18:25	3,798	2,53	552
10:14:04	1,113	0,788	708	10:15:09	2,615	1,745	552	10:16:15	4,024	2,658	552	10:17:20	3,881	2,562	552	10:18:26	3,839	2,515	552
10:14:05	1,122	0,728	708	10:15:10	2,814	1,809	552	10:16:16	4,035	2,745	552	10:17:21	3,896	2,558	552	10:18:27	3,804	2,536	552
10:14:06	1,138	0,804	708	10:15:11	2,723	1,78	552	10:16:17	4,04	2,655	552	10:17:22	3,78	2,549	552	10:18:28	3,829	2,487	552
10:14:07	1,188	0,772	708	10:15:12	2,772	1,776	552	10:16:18	4,033	2,747	552	10:17:23	3,891	2,573	552	10:18:29	3,811	2,532	552
10:14:08	1,228	0,852	708	10:15:13	2,79	1,861	552	10:16:19	4,036	2,655	552	10:17:24	3,78	2,555	552	10:18:30	3,824	2,482	552
10:14:09	1,238	0,8	708	10:15:14	3,207	2,08	552	10:16:20	4,031	2,734	552	10:17:25	3,892	2,574	552	10:18:31	3,802	2,533	552
10:14:10	1,219	0,861	708	10:15:15	3,392	2,232	552	10:16:21	4,032	2,648	552	10:17:26	3,878	2,542	552	10:18:32	3,822	2,496	552
10:14:11	1,262	0,853	708	10:15:16	3,665	2,339	552	10:16:22	4,018	2,736	552	10:17:27	3,872	2,569	552	10:18:33	3,809	2,537	552
10:14:12	1,244	0,894	708	10:15:17	3,333	2,159	552	10:16:23	4,03	2,653	552	10:17:28	3,883	2,486	552	10:18:34	3,826	2,49	552
10:14:13	1,287	0,891	708	10:15:18	3,036	1,913	552	10:16:24	4,027	2,736	552	10:17:29	3,854	2,539	552	10:18:35	3,799	2,536	552
10:14:14	1,22	0,911	708	10:15:19	2,68	1,794	552	10:16:25	4,024	2,655	552	10:17:30	3,883	2,473	552	10:18:36	3,825	2,493	552
10:14:15	1,284	0,896	708	10:15:20	2,726	1,792	552	10:16:26	3,99	2,73	552	10:17:31	3,851	2,519	552	10:18:37	3,81	2,535	552
10:14:16	1,168	0,876	708	10:15:21	2,611	1,801	552	10:16:27	4,007	2,646	552	10:17:32	3,881	2,513	552	10:18:38	3,828	2,496	552
10:14:17	1,235	0,87	708	10:15:22	2,829	1,886	552	10:16:28	4,007	2,728	552	10:17:33	3,965	2,513	552	10:18:39	3,819	2,543	552
10:14:18	1,131	0,848	708	10:15:23	3,006	2,068	552	10:16:29	4,02	2,649	552	10:17:34	3,878	2,542	552	10:18:40	3,828	2,542	552
10:14:19	1,161	0,836	708	10:15:24	3,464	2,25	552	10:16:30	4,006	2,735	552	10:17:35	3,872	2,569	552	10:18:41	3,794	2,54	552
10:14:20	1,105	0,802	708	10:15:25	3,475	2,265	552	10:16:31	4,018	2,658	552	10:17:36	3,883	2,486	552	10:18:42	3,825	2,544	552
10:14:21	1,114	0,82	708	10:15:26	3,679	2,379	552	10:16:32	3,985	2,723	552	10:17:37	3,854	2,539	552	10:18:43	3,789	2,539	552
10:14:22	1,104	0,753	708	10:15:27	3,709	2,451	552	10:16:33	4,012	2,725	552	10:17:38	3,883	2,473	552	10:18:44	3,822	2,546	552
10:14:23	1,086	0,815	708	10:15:28	3,975	2,591	552	10:16:34	3,884	2,719	552	10:17:40	3,851	2,519	552	10:18:45	3,786	2,521	552
10:14:24	1,101	0,782	708	10:15:29	4,072	2,689	552	10:16:35	4	2,723	552	10:17:41	3,881	2,513	552	10:18:46	3,82	2,543	552
10:14:25	1,09	0,821	708	10:15:30	4,142	2,707	552	10:16:36	3,927	2,699	552	10:17:42	3,965	2,513	552	10:18:47	3,718	2,524	552
10:14:26	1,105	0,822	708	10:15:31	4,147	2,627	552	10:16:37	3,985	2,708	552	10:17:43	3,916	2,549	552	10:18:48	3,819	2,546	552
10:14:27	1,092	0,823	708	10:15:32	4,145	2,712	552	10:16:38	3,993	2,609	552	10:17:44	3,832	2,541	552	10:18:49	3,686	2,524	552
10:14:28	1,112	0,83	708	10:15:33	4,106	2,608	552	10:16:39	3,964	2,7	552	10:17:45	3,894	2,561	552	10:18:50	3,818	2,542	552
10:14:29	1,025	0,831	708	10:15:35	4,139	2,712	552	10:16:40	3,981	2,684	552	10:17:46	3,778	2,551	552	10:18:51	3,766	2,483	552
10:14:30	1,119	0,838	708	10:15:36	4,058	2,7	552	10:16:41	3,853	2,659	552	10:17:47	3,88	2,555	552	10:18:52	3,819	2,546	552
10:14:31	1,09	0,835	708	10:15:37	4,123	2,696	552	10:16:42	3,978	2,681	552	10:17:48	3,845	2,534	552	10:18:53	3,686	2,524	552
10:14:32	1,128	0,847	708	10:15:38	3,989	2,676	552	10:16:43	3,912	2,651	552	10:17:49	3,868	2,547	552	10:18:54	3,818	2,542	552
10:14:33	1,133	0,791	708	10:15:39	4,133	2,701	552	10:16:44	3,975	2,678	552	10:17:50	3,854	2,553	552	10:18:55	3,766	2,483	552
10:14:34	1,119	0,854	708	10:15:40	4,019	2,68	552	10:16:45	3,972	2,601	552	10:17:51	3,859	2,499	552	10:18:56	3,905	2,466	552
10:14:35	1,141	0,835	708	10:15:41	4,132	2,7	552	10:16:46	3,937	2,671	552	10:17:52	3,831	2,545	552	10:18:57	3,931	2,264	552

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
10:19:05	3,792	2,559	552	10:20:11	1,06	0,855	177	10:21:16	1,883	1,411	177	10:22:22	3,88	2,728	177	10:23:27	3,682	2,657	177
10:19:06	3,816	2,542	552	10:20:12	1,065	0,852	177	10:21:17	1,909	1,421	177	10:22:23	3,885	2,652	177	10:23:28	3,561	2,658	177
10:19:07	3,715	2,55	552	10:20:13	1,048	0,853	177	10:21:18	1,883	1,436	177	10:22:24	3,852	2,718	177	10:23:29	3,679	2,657	177
10:19:08	3,794	2,542	552	10:20:14	1,064	0,823	177	10:21:19	2,019	1,511	177	10:22:25	3,813	2,628	177	10:23:30	3,554	2,64	177
10:19:09	3,67	2,525	552	10:20:15	1,06	0,852	177	10:21:20	2,16	1,534	177	10:22:26	3,772	2,648	177	10:23:31	3,676	2,654	177
10:19:10	3,764	2,514	552	10:20:16	1,061	0,815	177	10:21:21	2,278	1,656	177	10:22:27	3,603	2,552	177	10:23:32	3,56	2,654	177
10:19:11	3,612	2,453	552	10:20:17	1,044	0,849	177	10:21:22	2,332	1,612	177	10:22:28	3,494	2,459	177	10:23:33	3,721	2,678	177
10:19:12	3,645	2,434	552	10:20:18	1,058	0,848	177	10:21:23	2,379	1,729	177	10:22:29	3,199	2,327	177	10:23:34	3,567	2,645	177
10:19:13	3,683	2,422	552	10:20:19	1,046	0,852	177	10:21:24	2,54	1,769	177	10:22:30	3,26	2,316	177	10:23:35	3,681	2,656	177
10:19:14	3,737	2,539	552	10:20:20	1,065	0,857	177	10:21:25	2,761	2,006	177	10:22:31	3,182	2,318	177	10:23:36	3,556	2,642	177
10:19:15	3,775	2,487	552	10:20:21	1	0,861	177	10:21:26	3,02	2,081	177	10:22:32	3,342	2,352	177	10:23:37	3,673	2,652	177
10:19:16	3,736	2,519	552	10:20:22	1,095	0,878	177	10:21:27	3,05	2,131	177	10:22:33	3,172	2,282	177	10:23:38	3,542	2,645	177
10:19:17	3,691	2,452	552	10:20:23	1,042	0,881	177	10:21:28	3,017	2,09	177	10:22:34	3,171	2,243	177	10:23:39	3,665	2,65	177
10:19:18	3,39	2,278	552	10:20:24	1,129	0,899	177	10:21:29	2,774	2,004	177	10:22:35	3,077	2,236	177	10:23:40	3,527	2,631	177
10:19:19	3,293	2,167	552	10:20:25	1,099	0,901	177	10:21:30	2,808	1,979	177	10:22:36	3,222	2,284	177	10:23:41	3,659	2,646	177
10:19:20	3,146	2,041	552	10:20:26	1,148	0,914	177	10:21:31	2,755	1,977	177	10:22:37	3,233	2,325	177	10:23:42	3,518	2,635	177
10:19:21	3,048	2,048	552	10:20:27	1,166	0,89	177	10:21:32	2,83	1,998	177	10:22:38	3,354	2,366	177	10:23:43	3,656	2,644	177
10:19:22	3,081	2,005	552	10:20:28	1,204	0,962	177	10:21:33	2,851	1,927	177	10:22:39	3,224	2,358	177	10:23:44	3,528	2,631	177
10:19:23	3,174	2,142	552	10:20:29	1,28	0,988	177	10:21:34	2,873	2,051	177	10:22:40	3,249	2,315	177	10:23:45	3,65	2,643	177
10:19:24	3,246	2,17	552	10:20:30	1,305	1,017	177	10:21:35	2,961	2,01	177	10:22:41	2,97	2,182	177	10:23:46	3,544	2,634	177
10:19:25	3,067	2,125	552	10:20:31	1,311	1,013	177	10:21:36	3,046	2,147	177	10:22:42	2,819	2,055	177	10:23:47	3,648	2,642	177
10:19:26	3,071	2,057	552	10:20:32	1,195	0,998	177	10:21:37	3,168	2,166	177	10:22:43	2,737	2,05	177	10:23:48	3,635	2,628	177
10:19:27	2,969	1,92	552	10:20:33	1,307	1,018	177	10:21:38	3,194	2,234	177	10:22:44	2,974	2,172	177	10:23:49	3,606	2,641	177
10:19:28	3,022	2,052	552	10:20:34	1,315	1,071	177	10:21:39	3,212	2,227	177	10:22:45	3,052	2,25	177	10:23:50	3,641	2,59	177
10:19:29	3,105	2,063	552	10:20:35	1,573	1,192	177	10:21:40	3,105	2,216	177	10:22:46	3,197	2,31	177	10:23:51	3,591	2,639	177
10:19:30	2,862	1,952	552	10:20:36	1,762	1,346	177	10:21:41	3,21	2,239	177	10:22:47	3,233	2,384	177	10:23:52	3,635	2,594	177
10:19:31	2,822	1,889	552	10:20:37	2,15	1,527	177	10:21:42	3,023	2,161	177	10:22:48	3,53	2,54	177	10:23:53	3,63	2,636	177
10:19:32	2,71	1,853	552	10:20:38	2,191	1,568	177	10:21:43	2,969	2,069	177	10:22:49	3,648	2,64	177	10:23:55	3,634	2,572	177
10:19:33	2,629	1,77	552	10:20:39	2,374	1,684	177	10:21:44	2,599	1,878	177	10:22:50	3,756	2,668	177	10:23:56	3,641	2,632	177
10:19:34	2,582	1,716	552	10:20:40	2,568	1,797	177	10:21:45	2,404	1,688	177	10:22:51	3,664	2,636	177	10:23:57	3,633	2,61	177
10:19:35	2,667	1,866	552	10:20:41	2,737	1,888	177	10:21:46	1,875	1,392	177	10:22:52	3,754	2,674	177	10:23:58	3,605	2,626	177
10:19:36	2,764	1,865	552	10:20:42	2,672	1,753	177	10:21:47	1,561	1,194	177	10:22:53	3,679	2,619	177	10:23:59	3,629	2,631	177
10:19:37	2,539	1,75	552	10:20:43	2,526	1,738	177	10:21:48	1,328	1,083	177	10:22:54	3,762	2,683	177	10:24:00	3,503	2,621	177
10:19:38	2,305	1,603	552	10:20:44	2,459	1,626	177	10:21:50	1,326	1,07	177	10:22:55	3,757	2,625	177	10:24:01	3,625	2,627	177
10:19:39	2,109	1,533	552	10:20:45	2,495	1,749	177	10:21:51	1,257	1,029	177	10:22:56	3,741	2,686	177	10:24:02	3,529	2,62	177
10:19:40	2,217	1,564	552	10:20:46	2,528	1,685	177	10:21:52	1,29	1,053	177	10:22:57	3,747	2,626	177	10:24:03	3,614	2,628	177
10:19:41	2,352	1,592	552	10:20:47	2,486	1,76	177	10:21:53	1,299	1,044	177	10:22:58	3,725	2,691	177	10:24:04	3,576	2,599	177
10:19:42	2,435	1,697	552	10:20:48	2,606	1,776	177	10:21:54	1,331	1,083	177	10:22:59	3,76	2,657	177	10:24:05	3,591	2,626	177
10:19:43	2,491	1,651	552	10:20:49	2,647	1,845	177	10:21:55	1,314	1,091	177	10:23:00	3,704	2,695	177	10:24:06	3,617	2,587	177
10:19:45	2,512	1,739	552	10:20:50	2,578	1,761	177	10:21:56	1,413	1,138	177	10:23:01	3,771	2,695	177	10:24:07	3,584	2,624	177
10:19:46	2,639	1,814	552	10:20:51	2,359	1,678	177	10:21:57	1,445	1,185	177	10:23:02	3,746	2,695	177	10:24:08	3,61	2,597	177
10:19:47	2,661	1,879	552	10:20:52	2,296	1,605	177	10:21:58	1,62	1,282	177	10:23:03	3,763	2,692	177	10:24:09	3,585	2,62	177
10:19:48	2,806	1,925	552	10:20:53	2,036	1,498	177	10:21:59	1,757	1,405	177	10:23:04	3,731	2,682	177	10:24:10	3,605	2,62	177
10:19:49	2,818	1,963	552	10:20:54	2,013	1,459	177	10:22:00	2,061	1,571	177	10:23:05	3,753	2,688	177	10:24:11	3,492	2,615	177
10:19:50	2,986	2,032	552	10:20:55	2,008	1,522	177	10:22:01	2,224	1,75	177	10:23:06	3,653	2,684	177	10:24:12	3,6	2,619	177
10:19:51	2,863	1,843	552	10:20:56	2,235	1,605	177	10:22:02	2,665	1,957	177	10:23:07	3,742	2,682	177	10:24:13	3,479	2,607	177
10:19:52	2,465	1,666	552	10:20:57	2,237	1,516	177	10:22:03	2,872	2,138	177	10:23:08	3,729	2,679	177	10:24:14	3,596	2,617	177
10:19:53	2,138	1,411	552	10:20:58	2,101	1,506	177	10:22:04	3,2	2,267	177	10:23:09	3,733	2,676	177	10:24:15	3,534	2,613	177
10:19:54	1,944	1,388	552	10:20:59	2,025	1,422	177	10:22:05	3,173	2,309	177	10:23:10	3,715	2,676	177	10:24:16	3,585	2,613	177
10:19:55	1,989	1,363	552	10:21:00	1,979	1,447	177	10:22:06	3,387	2,387	177	10:23:11	3,725	2,671	177	10:24:17	3,581	2,57	177
10:19:56	2,096	1,477	552	10:21:01	1,957	1,412	177	10:22:07	3,298	2,397	177	10:23:12	3,66	2,672	177	10:24:18	3,569	2,609	177
10:19:57	2,116	1,415	552	10:21:02	1,727	1,33	177	10:22:08	3,472	2,458	177	10:23:13	3,718	2,661	177	10:24:19	3,571	2,567	177
10:19:58	2,027	1,413	552	10:21:03	1,726	1,275	177	10:22:09	3,425	2,471	177	10:23:14	3,672	2,664	177	10:24:20	3,549	2,61	177
10:19:59	1,76	1,269	552	10:21:04	1,58	1,23	177	10:22:10	3,623	2,538	177	10:23:15	3,711	2,667	177	10:24:21	3,575	2,589	177
10:20:00	1,528	1,103	177	10:21:05	1,708	1,291	177	10:22:11	3,568	2,529	177	10:23:16	3,689	2,667	177	10:24:22	3,55	2,615	177
10:20:01	1,216	0,97	177	10:21:06	1,774	1,365	177	10:22:12	3,588	2,502	177	10:23:17	3,705	2,662	177	10:24:23	3,577	2,612	177
10:20:02	1,189	0,919	177	10:21:07	1,948	1,437	177	10:22:13	3,472	2,425	177	10:23:18	3,658	2,655	177	10:24:24	3,462	2,604	177
10:20:03	1,131	0,889	177	10:21:08	1,91	1,425	177	10:22:14	3,505	2,466	177	10:23:19	3,701	2,666	177	10:24:25	3,575	2,612	177

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
10:24:33	3,565	2,604	177	10:25:38	3,509	2,594	771	10:26:44	3,425	2,552	771	10:27:49	3,319	2,53	771
10:24:34	3,567	2,582	177	10:25:39	3,407	2,583	771	10:26:45	3,298	2,547	771	10:27:50	3,343	2,502	771
10:24:35	3,567	2,582	177	10:25:40	3,508	2,591	771	10:26:46	3,418	2,552	771	10:27:51	3,321	2,531	771
10:24:36	3,583	2,608	177	10:25:41	3,5	2,574	771	10:26:47	3,346	2,545	771	10:27:52	3,338	2,503	771
10:24:37	3,457	2,597	177	10:25:42	3,48	2,586	771	10:26:48	3,417	2,549	771	10:27:53	3,331	2,529	771
10:24:38	3,573	2,6	177	10:25:43	3,495	2,542	771	10:26:49	3,374	2,527	771	10:27:54	3,337	2,509	771
10:24:39	3,44	2,586	177	10:25:44	3,468	2,589	771	10:26:50	3,39	2,55	771	10:27:55	3,299	2,527	771
10:24:40	3,565	2,598	177	10:25:45	3,492	2,55	771	10:26:51	3,411	2,52	771	10:27:56	3,337	2,492	771
10:24:41	3,441	2,586	177	10:25:46	3,465	2,586	771	10:26:52	3,374	2,548	771	10:27:57	3,322	2,526	771
10:24:42	3,559	2,598	177	10:25:47	3,494	2,553	771	10:26:53	3,406	2,519	771	10:27:58	3,332	2,511	771
10:24:43	3,472	2,593	177	10:25:48	3,459	2,584	771	10:26:54	3,369	2,55	771	10:27:59	3,297	2,526	771
10:24:44	3,553	2,597	177	10:25:49	3,491	2,553	771	10:26:55	3,403	2,53	771				
10:24:45	3,473	2,584	177	10:25:50	3,464	2,581	771	10:26:56	3,373	2,544	771				
10:24:46	3,555	2,59	177	10:25:51	3,486	2,556	771	10:26:57	3,402	2,542	771				
10:24:47	3,464	2,583	177	10:25:52	3,472	2,581	771	10:26:58	3,371	2,54	771				
10:24:48	3,549	2,591	177	10:25:53	3,479	2,546	771	10:26:59	3,402	2,541	771				
10:24:49	3,472	2,58	177	10:25:54	3,469	2,58	771	10:27:00	3,272	2,544	771				
10:24:50	3,551	2,589	177	10:25:55	3,474	2,55	771	10:27:01	3,397	2,544	771				
10:24:51	3,479	2,586	177	10:25:56	3,436	2,577	771	10:27:02	3,274	2,536	771				
10:24:52	3,554	2,59	177	10:25:57	3,471	2,549	771	10:27:03	3,401	2,54	771				
10:24:53	3,486	2,587	177	10:25:58	3,467	2,576	771	10:27:04	3,293	2,537	771				
10:24:54	3,551	2,589	177	10:25:59	3,471	2,543	771	10:27:05	3,397	2,539	771				
10:24:55	3,491	2,58	177	10:26:01	3,437	2,577	771	10:27:06	3,291	2,532	771				
10:24:56	3,541	2,591	177	10:26:02	3,462	2,541	771	10:27:07	3,395	2,541	771				
10:24:57	3,543	2,567	177	10:26:03	3,448	2,575	771	10:27:08	3,278	2,529	771				
10:24:58	3,545	2,59	177	10:26:04	3,467	2,541	771	10:27:09	3,389	2,539	771				
10:24:59	3,545	2,55	177	10:26:05	3,445	2,573	771	10:27:10	3,28	2,535	771				
10:25:00	3,525	2,587	771	10:26:06	3,47	2,54	771	10:27:11	3,39	2,533	771				
10:25:01	3,54	2,554	771	10:26:07	3,441	2,572	771	10:27:12	3,281	2,534	771				
10:25:02	3,526	2,584	771	10:26:08	3,466	2,546	771	10:27:13	3,387	2,535	771				
10:25:03	3,537	2,544	771	10:26:09	3,427	2,572	771	10:27:14	3,373	2,535	771				
10:25:04	3,507	2,584	771	10:26:10	3,462	2,535	771	10:27:15	3,391	2,533	771				
10:25:05	3,533	2,574	771	10:26:11	3,424	2,566	771	10:27:16	3,363	2,533	771				
10:25:06	3,495	2,58	771	10:26:12	3,46	2,547	771	10:27:17	3,385	2,521	771				
10:25:07	3,53	2,583	771	10:26:13	3,423	2,569	771	10:27:18	3,362	2,529	771				
10:25:08	3,502	2,582	771	10:26:14	3,458	2,57	771	10:27:19	3,381	2,529	771				
10:25:09	3,526	2,577	771	10:26:15	3,421	2,566	771	10:27:20	3,358	2,525	771				
10:25:10	3,504	2,577	771	10:26:16	3,456	2,567	771	10:27:21	3,381	2,531	771				
10:25:11	3,522	2,58	771	10:26:17	3,361	2,56	771	10:27:22	3,25	2,527	771				
10:25:12	3,511	2,581	771	10:26:18	3,453	2,568	771	10:27:23	3,376	2,528	771				
10:25:13	3,522	2,578	771	10:26:19	3,32	2,565	771	10:27:24	3,246	2,528	771				
10:25:14	3,484	2,577	771	10:26:20	3,453	2,568	771	10:27:25	3,374	2,529	771				
10:25:15	3,521	2,578	771	10:26:21	3,4	2,561	771	10:27:26	3,261	2,526	771				
10:25:16	3,473	2,567	771	10:26:22	3,45	2,567	771	10:27:27	3,368	2,529	771				
10:25:17	3,52	2,578	771	10:26:23	3,447	2,534	771	10:27:28	3,266	2,526	771				
10:25:18	3,398	2,574	771	10:26:24	3,446	2,567	771	10:27:29	3,371	2,529	771				
10:25:19	3,519	2,581	771	10:26:25	3,443	2,528	771	10:27:30	3,333	2,513	771				
10:25:20	3,391	2,578	771	10:26:26	3,415	2,568	771	10:27:31	3,362	2,527	771				
10:25:21	3,518	2,581	771	10:26:27	3,443	2,559	771	10:27:32	3,363	2,504	771				
10:25:22	3,414	2,57	771	10:26:28	3,416	2,563	771	10:27:33	3,359	2,524	771				
10:25:23	3,515	2,583	771	10:26:29	3,439	2,564	771	10:27:34	3,363	2,5	771				
10:25:24	3,394	2,569	771	10:26:30	3,327	2,556	771	10:27:35	3,362	2,525	771				
10:25:25	3,516	2,584	771	10:26:31	3,438	2,562	771	10:27:36	3,36	2,505	771				
10:25:26	3,45	2,579	771	10:26:32	3,311	2,55	771	10:27:37	3,325	2,526	771				
10:25:27	3,511	2,586	771	10:26:33	3,432	2,562	771	10:27:38	3,358	2,499	771				
10:25:28	3,514	2,553	771	10:26:34	3,36	2,539	771	10:27:39	3,321	2,526	771				
10:25:29	3,51	2,586	771	10:26:35	3,43	2,561	771	10:27:40	3,365	2,511	771				
10:25:30	3,511	2,545	771	10:26:36	3,418	2,53	771	10:27:41	3,331	2,534	771				
10:25:31	3,474	2,588	771	10:26:37	3,4	2,557	771	10:27:42	3,36	2,503	771				
10:25:32	3,51	2,57	771	10:26:38	3,426	2,515	771	10:27:43	3,343	2,531	771				
10:25:33	3,498	2,589	771	10:26:39	3,402	2,561	771	10:27:44	3,356	2,499	771				
10:25:34	3,509	2,587	771	10:26:40	3,431	2,542	771	10:27:45	3,324	2,53	771				
10:25:35	3,393	2,588	771	10:26:41	3,409	2,558	771	10:27:46	3,351	2,503	771				
10:25:36	3,505	2,59	771	10:26:42	3,426	2,556	771	10:27:47	3,311	2,532	771				
10:25:37	3,371	2,585	771	10:26:43	3,318	2,55	771	10:27:48	3,348	2,5	771				

Figura 7.12: 27 de noviembre 2021

Hora	I1[A]	I2[A]	t[°C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[°C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[°C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[°C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[°C]	Irr
11:20:05	2,894	2,803	42,35	731	11:33:55	3,085	2,843	43,34	729	11:47:26	2,966	3,01	44,5	766	12:02:37	3,307	3,257	41,2	768	12:17:27	2,702	3,554	41,64	751
11:20:15	2,927	2,722	42,39	731	11:34:05	3,033	2,956	43,17	729	11:47:36	2,892	3,166	44,39	766	12:02:47	3,275	3,265	41,03	768	12:17:37	3,275	3,265	41,03	768
11:20:25	2,917	2,823	41,98	731	11:34:15	3,033	2,954	43,07	729	11:47:46	2,863	3,108	43,95	766	12:03:07	3,275	3,265	41,06	768	12:17:47	2,68	3,552	40,93	716
11:20:35	2,939	2,836	42,25	731	11:34:25	3,061	2,958	43,27	729	11:48:16	2,967	3,112	43,88	766	12:03:17	3,314	3,198	41,16	768	12:17:57	2,71	3,528	41,16	716
11:20:45	2,895	2,821	42,52	731	11:34:35	3,056	3,003	43,48	729	11:48:26	2,946	3,23	44,16	766	12:03:27	3,307	3,223	40,99	768	12:18:17	2,71	3,528	41,71	716
11:20:55	2,876	2,791	42,56	731	11:34:45	3,036	3,006	43,58	729	11:48:36	2,934	3,201	44,33	766	12:03:37	3,288	3,195	41,1	768	12:18:27	2,421	3,807	41,84	716
11:21:05	2,909	2,832	42,22	731	11:34:55	3,03	2,985	43,78	729	11:48:46	2,885	3,196	44,46	766	12:03:47	3,253	3,181	41,4	768	12:18:37	2,393	3,705	41,91	716
11:21:15	2,929	2,811	41,37	731	11:35:05	3,043	2,944	44,26	729	11:48:56	2,858	3,086	44,73	766	12:04:07	3,349	3,208	41,84	768	12:18:47	2,452	3,696	42,01	716
11:21:35	2,913	2,845	40,45	731	11:35:15	3,051	2,992	44,67	729	11:49:06	2,841	3,12	45,18	766	12:04:17	3,337	3,266	41,78	768	12:18:57	2,445	3,678	42,01	716
11:21:45	2,836	2,813	39,97	731	11:35:25	3,042	2,973	44,7	729	11:49:36	2,896	3,179	45,01	766	12:04:27	3,275	3,277	41,78	768	12:19:07	2,429	3,631	41,95	716
11:21:55	2,988	2,85	39,67	731	11:35:35	3,019	2,969	44,8	729	11:49:46	3,067	3,012	45,18	766	12:04:37	3,294	3,199	41,91	768	12:19:17	2,445	3,606	41,74	716
11:22:05	3,027	2,834	39,67	731	11:35:45	3,037	2,965	45,01	729	11:49:56	2,997	3,053	45,45	766	12:04:47	3,258	3,252	42,15	768	12:19:27	2,423	3,566	41,81	716
11:22:15	3,015	2,704	39,94	731	11:36:45	3,116	3,009	43,65	729	11:50:06	2,897	3,053	45,42	766	12:05:07	3,258	3,252	42,76	768	12:19:37	2,362	3,682	41,74	716
11:22:25	3,033	2,855	40,21	731	11:36:55	3,122	2,901	43,85	729	11:50:16	3,003	3,057	45,38	766	12:05:17	3,278	3,237	42,83	768	12:19:47	2,461	3,641	41,33	716
11:22:35	2,988	2,836	40,42	731	11:37:05	3,081	3,013	43,61	729	11:50:36	3,079	3,057	45,28	766	12:05:27	3,275	3,232	43,14	768	12:19:57	2,434	3,558	41,27	716
11:22:55	2,956	2,807	40,96	734	11:37:15	3,078	3,035	43,37	729	11:50:46	2,935	3,086	45,38	766	12:05:37	3,268	3,225	43,14	768	12:20:07	2,401	3,512	41,33	716
11:23:05	3,023	2,895	41,06	734	11:37:25	3,056	3,005	43,68	729	11:50:56	2,927	3,071	44,97	766	12:06:07	3,331	3,266	42,76	768	12:20:27	2,286	3,418	40,96	716
11:23:15	3,007	2,948	41,33	734	11:37:36	3,057	3,025	43,71	734	11:51:06	2,871	3,039	44,56	766	12:06:17	3,255	3,168	42,93	768	12:20:37	2,296	3,515	41,16	716
11:23:25	2,928	2,874	41,78	734	11:37:46	3,061	2,995	43,27	734	11:51:26	2,851	3,19	43,78	766	12:06:27	3,232	3,202	43,07	768	12:20:47	2,424	3,647	41,37	716
11:23:35	3,02	2,882	42,22	734	11:38:16	3,115	3,028	42,59	734	11:51:36	2,82	3,018	42,27	766	12:06:37	3,207	3,223	43,27	751	12:20:57	2,444	3,639	41,67	716
11:23:45	3,008	2,875	42,69	734	11:38:26	3,08	2,899	42,52	734	11:51:46	2,914	3,064	43,34	746	12:07:17	3,207	3,22	43,82	751	12:21:07	2,366	3,64	41,61	716
11:23:55	3,02	2,996	43,2	734	11:38:36	3,079	2,983	42,46	734	11:51:56	2,89	3,014	43,65	746	12:07:27	3,17	3,133	43,82	751	12:21:17	2,436	3,633	41,44	716
11:24:05	3,024	3,001	43,27	734	11:38:46	3,067	2,848	42,35	734	11:52:26	2,945	3,095	43,1	746	12:07:37	3,164	3,13	43,85	751	12:21:27	2,422	3,625	41,3	716
11:24:15	3,015	2,97	43,07	734	11:38:56	3,098	2,87	42,12	734	11:52:36	2,927	3,014	42,69	746	12:07:47	3,13	3,169	43,88	751	12:21:37	2,358	3,647	41,3	716
11:24:25	3,034	2,998	42,76	734	11:39:06	3,077	2,865	42,22	734	11:52:46	3,04	2,998	42,32	746	12:08:37	3,266	3,048	44,36	751	12:21:47	2,444	3,642	41,61	716
11:24:35	3,02	3,029	42,39	734	11:39:16	3,021	2,848	42,29	734	11:52:56	2,941	3,002	41,98	746	12:08:47	3,26	2,966	43,92	751	12:21:57	2,46	3,666	41,91	716
11:24:45	2,948	2,943	42,22	734	11:39:26	3,097	2,877	42,25	734	11:53:16	3,049	3,056	41,91	746	12:09:07	3,26	2,966	43,85	751	12:22:08	2,446	3,676	42,08	716
11:24:55	2,958	3,037	42,15	734	11:39:36	3,034	2,905	42,32	734	11:53:26	3,037	2,973	42,01	746	12:09:17	3,266	3,048	43,92	751	12:22:18	2,46	3,689	42,39	716
11:25:05	2,949	2,95	42,32	734	11:39:46	3,052	2,913	42,29	734	11:53:36	3,031	2,929	41,57	746	12:09:27	3,26	2,966	44,05	751	12:22:28	2,472	3,691	42,59	716
11:25:15	2,82	2,851	42,29	734	11:39:56	3,045	2,917	42,01	734	11:53:46	3,174	2,961	41,4	746	12:09:37	3,26	2,966	44,26	751	12:22:38	2,434	3,588	42,97	716
11:25:25	2,846	2,822	42,25	734	11:40:06	3,027	2,909	41,88	734	11:54:06	3,27	3,196	41,33	746	12:09:47	3,164	3,139	44,36	751	12:22:48	2,436	3,712	43,34	716
11:25:35	2,89	2,813	41,95	734	11:40:16	3,009	2,96	42,05	734	11:54:16	3,219	3,21	40,89	746	12:10:07	3,275	3,169	43,88	751	12:22:58	2,323	3,708	43,31	743
11:25:45	2,913	2,786	41,64	734	11:40:26	3,007	2,9	42,25	734	11:54:26	3,219	3,176	40,45	746	12:10:17	3,275	3,169	44,09	751	12:23:08	2,323	3,708	43,24	743
11:26:05	3,036	2,944	41,44	734	11:40:36	3,006	2,932	42,39	734	11:55:06	3,291	3,283	40,08	746	12:10:27	3,216	3,123	43,85	751	12:23:18	2,292	3,592	43,37	743
11:27:25	3,061	3,01	42,97	734	11:40:46	2,796	3,013	42,56	734	11:55:16	3,309	3,215	40,14	746	12:10:37	3,185	3,144	43,88	751	12:23:28	2,195	3,574	43,44	743
11:27:35	3,059	3,009	43,37	735	11:41:46	2,99	3,068	42,35	734	11:55:26	3,342	3,092	40,28	746	12:10:57	3,185	3,144	44,29	751	12:23:38	2,33	3,468	43,27	743
11:27:45	3,041	3,048	43,48	735	11:41:56	3,039	3,015	41,91	734	11:55:36	3,307	3,248	40,25	746	12:11:07	3,263	3,151	44,19	751	12:23:48	2,397	3,491	43,2	743
11:27:55	3,001	3,023	43,14	735	11:42:06	2,977	3,032	41,61	734	11:56:06	3,416	3,085	40,45	746	12:11:17	3,263	3,161	43,75	751	12:23:58	2,399	3,498	43,24	743
11:28:05	3,021	3,007	43,07	735	11:42:16	2,987	3,011	41,4	734	11:56:16	3,371	3,246	40,65	746	12:11:27	3,204	3,101	43,65	751	12:24:08	2,366	3,488	43,27	743
11:28:15	3,008	2,946	43,34	735	11:42:26	2,981	2,998	41,64	734	11:56:26	3,362	3,201	40,62	746	12:11:37	3,094	3,031	43,54	751	12:24:18	2,26	3,469	43,34	743
11:28:25	3,019	2,99	43,65	735	11:42:36	2,98	3,043	41,91	734	11:56:36	3,368	3,087	40,55	746	12:11:47	3,084	3,064	43,34	751	12:24:28	2,382	3,492	43,44	743
11:28:35	3,005	2,921	43,58	735	11:42:46	2,911	3,073	41,88	752	11:56:46	3,364	3,184	40,69	746	12:11:57	3,084	3,064	42,93	751	12:24:38	2,349	3,486	43,75	743
11:28:55	3,005	2,921	43,95	735	11:42:56	2,97	3,045	41,88	752	11:56:56	3,354	3,175	40,93	746	12:12:17	3,297	3,222	42,83	751	12:24:48	2,239	3,451	43,88	743
11:29:05	3,072	3,006	44,02	735	11:43:06	2,92	3,043	41,84	752	11:57:36	3,399	3,235	40,62	762	12:12:27	3,123	3,101	42,52	751	12:24:58	2,359	3,476	43,95	743
11:29:25	3,008	2,993	43	735	11:43:16	2,957	3,024	41,78	752	11:57:46	3,411	3,222	40,25	762	12:12:37	3,123	3,101	42,08	751	12:25:08	2,351	3,459	44,16	743
11:29:35	3,005	2,922	42,66	735	11:43:26	2,931	3,061	42,05	752	11:57:56	3,315	3,179	40,11	762	12:12:47	3,295	3,196	41,84	751	12:25:18	2,353	3,389	44,22	743
11:29:45	3,028	2,972	42,46	735	11:43:36	2,972	3,083	42,15	752	11:58:26	3,315	3,179	40,18	762	12:12:57	3,								

Hora	I1[A]	I2[A]	t[C]	Irr	Hora	I1[A]	I2[A]	t[C]	Irr
12:29:38	2,413	3,538	40,18	763	12:47:39	2,451	3,401	44,77	782
12:29:48	2,433	3,57	40,45	763	12:47:49	2,423	3,393	44,77	782
12:29:58	2,442	3,588	40,52	775	12:47:59	2,329	3,477	44,63	782
12:30:08	2,294	3,576	40,45	775	12:48:09	2,404	3,462	45,01	782
12:30:18	2,365	3,618	40,52	775	12:48:19	2,418	3,469	45,31	782
12:30:28	2,352	3,625	40,79	775	12:48:29	2,415	3,319	45,72	782
12:30:38	2,35	3,622	40,93	775	12:48:59	2,475	3,5	45,59	782
12:30:48	2,272	3,629	40,65	775	12:49:09	2,341	3,438	45,38	782
12:30:58	2,389	3,603	40,11	775	12:49:19	2,456	3,336	45,21	782
12:31:08	2,384	3,686	39,97	775	12:49:29	2,425	3,435	45,18	782
12:31:58	2,253	3,743	41,16	775	12:49:39	2,438	3,295	45,45	782
12:33:08	2,286	3,689	42,69	775	12:49:49	2,323	3,386	45,76	782
12:34:38	2,358	3,633	44,8	775	12:49:59	2,424	3,416	45,55	782
12:34:48	2,43	3,513	45,14	775	12:50:09	2,334	3,4	45,59	782
12:34:58	2,462	3,617	45,35	775	12:50:19	2,403	3,422	45,59	782
12:35:08	2,35	3,563	45,18	775	12:50:29	2,401	3,42	45,52	782
12:35:18	2,386	3,51	45,08	775					
12:35:28	2,447	3,501	44,36	775					
12:35:38	2,463	3,475	44,09	775					
12:35:48	2,477	3,448	44,46	775					
12:35:58	2,478	3,401	44,63	775					
12:36:08	2,466	3,409	44,63	775					
12:36:18	2,492	3,433	44,39	775					
12:36:28	2,416	3,449	44,02	775					
12:37:28	2,416	3,449	42,52	775					
12:37:38	2,353	3,486	42,97	750					
12:37:58	2,3	3,477	43,14	750					
12:38:08	2,382	3,538	43,2	750					
12:38:18	2,398	3,493	43,2	750					
12:38:28	2,392	3,543	43,14	750					
12:38:38	2,41	3,527	42,9	750					
12:38:48	2,394	3,457	42,63	750					
12:38:58	2,421	3,373	42,73	750					
12:39:08	2,408	3,508	43,1	750					
12:39:18	2,289	3,471	43,44	750					
12:39:28	2,402	3,4	43,31	750					
12:39:38	2,36	3,422	43,34	750					
12:39:48	2,407	3,365	43,07	750					
12:40:08	2,366	3,459	42,49	750					
12:40:18	2,371	3,368	42,52	750					
12:40:28	2,265	3,377	42,8	750					
12:40:38	2,319	3,425	43,17	750					
12:40:48	2,135	3,511	43,54	750					
12:40:58	2,301	3,43	43,75	751					
12:41:58	2,361	3,488	41,13	751					
12:42:18	2,301	3,43	41,57	751					
12:42:28	2,361	3,488	41,64	751					
12:42:38	2,231	3,59	41,91	751					
12:42:48	2,139	3,582	42,12	751					
12:42:58	2,184	3,614	42,35	751					
12:43:08	2,255	3,603	42,42	751					
12:43:18	2,119	3,518	42,63	751					
12:43:28	2,29	3,549	42,76	751					
12:43:38	2,314	3,536	42,63	751					
12:43:48	2,355	3,433	42,73	751					
12:43:59	2,257	3,472	42,93	751					
12:45:39	2,617	3,317	44,29	751					
12:45:49	2,322	3,443	43,92	751					
12:45:59	2,293	3,512	43,48	751					
12:46:09	2,358	3,497	43,41	751					
12:46:19	2,355	3,533	43,17	751					
12:46:29	2,362	3,494	43,41	751					
12:46:39	2,382	3,461	43,82	751					
12:46:49	2,382	3,408	43,78	751					
12:46:59	2,379	3,5	43,68	751					

Figura 7.14: 7 de diciembre 2021

7.6.5. Prueba simulación sombras horizontal

Hora	Iz(A)	I1(A)	Irr	Hora	Iz(A)	I1(A)	Irr	Hora	Iz(A)	I1(A)	Irr	Hora	Iz(A)	I1(A)	Irr	Hora	Iz(A)	I1(A)	Irr
11:08:00	2,722	3,028	572	11:09:05	2,875	2,895	572	11:10:11	2,782	2,826	789	11:11:16	2,693	2,64	789	11:12:22	2,732	2,781	789
11:08:01	2,849	3,097	572	11:09:06	2,821	2,889	572	11:10:12	2,681	2,823	789	11:11:17	2,531	2,643	789	11:12:23	2,816	2,765	789
11:08:02	2,976	3,197	572	11:09:07	2,869	2,893	572	11:10:13	2,78	2,826	789	11:11:18	2,691	2,639	789	11:12:24	2,716	2,749	789
11:08:03	3,111	3,289	572	11:09:08	2,802	2,887	572	11:10:14	2,693	2,822	789	11:11:19	2,524	2,64	789	11:12:25	2,777	2,727	789
11:08:04	3,204	3,387	572	11:09:09	2,861	2,887	572	11:10:15	2,784	2,824	789	11:11:20	2,694	2,64	789	11:12:26	2,685	2,722	789
11:08:05	3,28	3,442	572	11:09:10	2,78	2,884	572	11:10:16	2,68	2,819	789	11:11:21	2,531	2,638	789	11:12:27	2,767	2,719	789
11:08:06	3,289	3,477	572	11:09:11	2,856	2,889	572	11:10:17	2,784	2,82	789	11:11:22	2,695	2,634	789	11:12:28	2,633	2,712	789
11:08:07	3,33	3,486	572	11:09:12	2,764	2,902	572	11:10:18	2,703	2,815	789	11:11:23	2,521	2,636	789	11:12:29	2,761	2,706	789
11:08:08	3,3	3,501	572	11:09:13	2,854	2,889	572	11:10:19	2,779	2,816	789	11:11:24	2,695	2,632	789	11:12:30	2,642	2,7	789
11:08:09	3,332	3,487	572	11:09:14	2,707	2,887	572	11:10:20	2,654	2,816	789	11:11:25	2,539	2,634	789	11:12:31	2,758	2,704	789
11:08:10	3,319	3,497	572	11:09:15	2,852	2,886	572	11:10:21	2,781	2,814	789	11:11:26	2,696	2,634	789	11:12:32	2,667	2,698	789
11:08:11	3,324	3,486	572	11:09:16	2,69	2,888	572	11:10:22	2,712	2,815	789	11:11:27	2,639	2,628	789	11:12:33	2,757	2,701	789
11:08:12	3,3	3,486	572	11:09:17	2,852	2,889	572	11:10:23	2,778	2,813	789	11:11:28	2,73	2,648	789	11:12:34	2,672	2,696	789
11:08:13	3,319	3,481	572	11:09:18	2,719	2,886	572	11:10:24	2,785	2,808	789	11:11:29	2,648	2,633	789	11:12:35	2,743	2,688	789
11:08:14	3,175	3,274	572	11:09:19	2,842	2,885	572	11:10:25	2,751	2,814	789	11:11:30	2,7	2,651	789	11:12:36	2,662	2,683	789
11:08:15	3,308	3,27	572	11:09:20	2,694	2,881	572	11:10:26	2,782	2,811	789	11:11:31	2,602	2,651	789	11:12:37	2,732	2,679	789
11:08:16	3,149	3,261	572	11:09:21	2,838	2,881	572	11:10:27	2,755	2,818	789	11:11:32	2,702	2,657	789	11:12:38	2,648	2,675	789
11:08:17	3,287	3,258	572	11:09:22	2,694	2,88	572	11:10:28	2,776	2,82	789	11:11:33	2,553	2,656	789	11:12:39	2,727	2,669	789
11:08:18	3,282	3,242	572	11:09:23	2,84	2,882	572	11:10:29	2,611	2,821	789	11:11:34	2,7	2,65	789	11:12:40	2,653	2,666	789
11:08:19	3,277	3,243	572	11:09:24	2,707	2,878	572	11:10:30	2,775	2,821	789	11:11:35	2,556	2,667	789	11:12:41	2,73	2,666	789
11:08:20	3,274	3,227	572	11:09:25	2,834	2,875	572	11:10:31	2,762	2,814	789	11:11:36	2,695	2,667	789	11:12:42	2,65	2,672	789
11:08:21	3,233	3,231	572	11:09:26	2,799	2,873	572	11:10:32	2,749	2,818	789	11:11:37	2,577	2,666	789	11:12:43	2,712	2,668	789
11:08:22	3,258	3,223	572	11:09:27	2,833	2,868	572	11:10:33	2,775	2,814	789	11:11:38	2,693	2,658	789	11:12:44	2,634	2,672	789
11:08:23	3,066	3,215	572	11:09:28	2,816	2,88	572	11:10:34	2,608	2,814	789	11:11:39	2,538	2,65	789	11:12:45	2,723	2,671	789
11:08:24	3,236	3,211	572	11:09:29	2,784	2,87	572	11:10:35	2,774	2,813	789	11:11:40	2,681	2,645	789	11:12:46	2,625	2,661	789
11:08:25	3,058	3,198	572	11:09:30	2,823	2,876	572	11:10:36	2,775	2,807	789	11:11:41	2,562	2,632	789	11:12:47	2,717	2,667	789
11:08:26	3,213	3,189	572	11:09:31	2,74	2,871	572	11:10:37	2,742	2,811	789	11:11:42	2,64	2,602	789	11:12:48	2,651	2,658	789
11:08:27	3,201	3,167	572	11:09:32	2,82	2,874	572	11:10:38	2,769	2,809	789	11:11:43	2,468	2,577	789	11:12:49	2,711	2,655	789
11:08:28	3,153	3,167	572	11:09:33	2,673	2,865	572	11:10:39	2,736	2,815	789	11:11:44	2,617	2,605	789	11:12:50	2,673	2,649	789
11:08:29	3,177	3,142	572	11:09:34	2,811	2,861	572	11:10:40	2,769	2,814	789	11:11:45	2,493	2,64	789	11:12:51	2,72	2,649	789
11:08:30	3,117	3,137	572	11:09:35	2,671	2,86	572	11:10:41	2,644	2,813	789	11:11:46	2,654	2,615	789	11:12:52	2,703	2,615	789
11:08:31	3,151	3,127	572	11:09:36	2,804	2,857	572	11:10:42	2,767	2,814	789	11:11:47	2,422	2,519	789	11:12:53	2,643	2,559	789
11:08:32	3,104	3,112	572	11:09:37	2,651	2,854	572	11:10:43	2,67	2,809	789	11:11:48	2,502	2,41	789	11:12:54	2,625	2,559	789
11:08:33	3,125	3,102	572	11:09:38	2,8	2,853	572	11:10:44	2,765	2,81	789	11:11:49	2,422	2,519	789	11:12:55	2,646	2,595	789
11:08:34	2,936	3,086	572	11:09:39	2,768	2,852	572	11:10:45	2,77	2,805	789	11:11:50	2,502	2,41	789	11:12:56	2,691	2,638	789
11:08:35	3,1	3,076	572	11:09:40	2,798	2,842	572	11:10:46	2,729	2,811	789	11:11:51	2,562	2,632	789	11:12:57	2,691	2,656	789
11:08:36	2,953	3,061	572	11:09:41	2,763	2,846	572	11:10:47	2,77	2,812	789	11:11:53	2,64	2,602	789	11:12:58	2,705	2,654	789
11:08:37	3,075	3,053	572	11:09:42	2,79	2,836	572	11:10:48	2,645	2,808	789	11:11:54	2,468	2,577	789	11:12:59	2,689	2,656	789
11:08:38	3,052	3,035	572	11:09:43	2,787	2,844	572	11:10:49	2,768	2,812	789	11:11:55	2,617	2,605	789	11:13:00	2,705	2,652	789
11:08:39	3,027	3,03	572	11:09:44	2,774	2,836	572	11:10:50	2,77	2,802	789	11:11:56	2,493	2,64	789	11:13:01	2,705	2,666	789
11:08:40	3,04	3,006	572	11:09:45	2,791	2,84	572	11:10:51	2,761	2,807	789	11:11:57	2,654	2,615	789	11:13:02	2,73	2,666	789
11:08:41	2,982	3,017	572	11:09:46	2,691	2,836	572	11:10:52	2,773	2,802	789	11:11:58	2,422	2,519	789	11:13:03	2,686	2,647	789
11:08:42	3,057	3,039	572	11:09:48	2,791	2,84	572	11:10:53	2,715	2,805	789	11:11:59	2,502	2,41	789	11:13:04	2,693	2,637	789
11:08:43	3,005	3,026	572	11:09:49	2,654	2,84	572	11:10:54	2,772	2,808	789	11:12:00	2,493	2,64	789	11:13:05	2,671	2,64	789
11:08:44	3,023	3,011	572	11:09:50	2,791	2,84	572	11:10:55	2,644	2,812	789	11:12:01	2,493	2,64	789	11:13:06	2,689	2,635	789
11:08:45	2,843	2,996	572	11:09:51	2,629	2,843	572	11:10:56	2,769	2,814	789	11:12:02	2,654	2,615	789	11:13:07	2,663	2,645	789
11:08:46	2,995	2,989	572	11:09:52	2,789	2,843	572	11:10:57	2,762	2,806	789	11:12:03	2,422	2,519	789	11:13:08	2,676	2,636	789
11:08:47	2,864	2,982	572	11:09:53	2,692	2,842	572	11:10:58	2,726	2,813	789	11:12:04	2,502	2,41	789	11:13:09	2,662	2,638	789
11:08:48	2,975	2,973	572	11:09:54	2,789	2,838	572	11:10:59	2,77	2,808	789	11:12:05	2,502	2,41	789	11:13:10	2,679	2,63	789
11:08:49	2,965	2,959	572	11:09:55	2,788	2,836	572	11:11:00	2,642	2,812	789	11:12:06	2,826	2,84	789	11:13:11	2,631	2,63	789
11:08:50	2,949	2,957	572	11:09:56	2,79	2,828	572	11:11:01	2,772	2,809	789	11:12:07	2,782	2,67	789	11:13:12	2,675	2,629	789
11:08:51	2,951	2,938	572	11:09:57	2,768	2,832	572	11:11:02	2,685	2,807	789	11:12:08	2,574	2,553	789	11:13:13	2,651	2,63	789
11:08:52	2,916	2,944	572	11:09:58	2,789	2,821	572	11:11:03	2,737	2,809	789	11:12:09	2,688	2,609	789	11:13:14	2,674	2,634	789
11:08:53	2,937	2,93	572	11:09:59	2,785	2,832	572	11:11:04	2,766	2,804	789	11:12:10	2,76	2,742	789	11:13:15	2,647	2,626	789
11:08:54	2,916	2,931	572	11:10:00	2,784	2,821	789	11:11:05	2,723	2,813	789	11:12:11	2,863	2,785	789	11:13:16	2,661	2,625	789
11:08:55	2,924	2,926	572	11:10:01	2,761	2,831	789	11:11:06	2,765	2,814	789	11:12:12	2,781	2,773	789	11:13:17	2,616	2,634	789
11:08:56	2,759	2,92	572	11:10:02	2,794	2,82	789	11:11:07	2,701	2,813	789	11:12:13	2,893	2,824	789	11:13:18	2,649	2,632	789
11:08:57	2,915	2,916	572	11:10:03	2,785	2,83	789	11:11:08	2,764	2,818	789	11:12:14	2,841	2,867	789				

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
11:13:27	2,616	2,616	789	11:14:33	2,989	0,7	789	11:15:38	2,702	0,734	847	11:16:44	2,678	0,677	847	11:17:49	2,652	0,581	847
11:13:28	2,648	2,616	789	11:14:34	3,016	0,745	789	11:15:39	2,692	0,699	847	11:16:45	2,673	0,616	847	11:17:50	2,619	0,573	847
11:13:29	2,639	2,616	789	11:14:35	3,018	0,745	789	11:15:40	2,678	0,729	847	11:16:46	2,656	0,676	847	11:17:51	2,652	0,578	847
11:13:30	2,639	2,625	789	11:14:36	3,019	0,766	789	11:15:41	2,691	0,695	847	11:16:47	2,672	0,629	847	11:17:52	2,65	0,528	847
11:13:31	2,619	2,612	789	11:14:37	3,017	0,748	789	11:15:42	2,67	0,727	847	11:16:48	2,648	0,672	847	11:17:53	2,658	0,577	847
11:13:32	2,648	2,61	789	11:14:38	3,017	0,771	789	11:15:43	2,709	0,698	847	11:16:49	2,652	0,634	847	11:17:54	2,655	0,52	847
11:13:33	2,616	2,614	789	11:14:39	3,014	0,766	789	11:15:44	2,705	0,724	847	11:16:50	2,64	0,662	847	11:17:55	2,653	0,576	847
11:13:34	2,646	2,61	789	11:14:40	2,82	0,746	789	11:15:45	2,726	0,71	847	11:16:51	2,623	0,664	847	11:17:56	2,652	0,529	847
11:13:35	2,595	2,618	789	11:14:41	2,95	0,752	789	11:15:46	2,72	0,709	847	11:16:52	2,556	0,66	847	11:17:57	2,643	0,576	847
11:13:36	2,646	2,605	789	11:14:42	2,858	0,748	789	11:15:47	2,74	0,71	847	11:16:53	2,543	0,658	847	11:17:58	2,645	0,55	847
11:13:37	2,63	2,614	789	11:14:43	2,85	0,741	789	11:15:48	2,727	0,704	847	11:16:54	2,545	0,655	847	11:17:59	2,637	0,575	847
11:13:38	2,644	2,607	789	11:14:44	2,843	0,744	789	11:15:49	2,741	0,714	847	11:16:55	2,646	0,663	847	11:18:00	2,643	0,576	847
11:13:39	2,642	2,622	789	11:14:45	2,85	0,748	789	11:15:50	2,739	0,712	847	11:16:56	2,63	0,659	847	11:18:01	2,599	0,567	847
11:13:40	2,627	2,606	789	11:14:46	2,827	0,74	789	11:15:51	2,745	0,714	847	11:16:57	2,658	0,661	847	11:18:02	2,649	0,574	847
11:13:41	2,638	2,604	789	11:14:47	2,79	0,746	789	11:15:52	2,737	0,712	847	11:16:58	2,657	0,609	847	11:18:03	2,595	0,567	847
11:13:42	2,668	2,551	789	11:14:48	2,674	0,742	789	11:15:53	2,739	0,679	847	11:16:59	2,649	0,657	847	11:18:04	2,652	0,574	847
11:13:43	2,615	2,602	789	11:14:49	2,657	0,74	789	11:15:54	2,733	0,71	847	11:17:00	2,658	0,653	847	11:18:05	2,607	0,561	847
11:13:44	2,647	2,601	789	11:14:50	2,631	0,727	789	11:15:55	2,731	0,692	847	11:17:01	2,606	0,646	847	11:18:06	2,659	0,572	847
11:13:45	2,611	2,501	789	11:14:51	2,601	0,727	789	11:15:56	2,724	0,716	847	11:17:02	2,658	0,653	847	11:18:07	2,599	0,564	847
11:13:46	2,645	2,412	789	11:14:52	2,757	0,741	789	11:15:57	2,728	0,684	847	11:17:03	2,648	0,598	847	11:18:08	2,652	0,569	847
11:13:47	2,634	2,351	789	11:14:53	2,811	0,745	789	11:15:58	2,723	0,705	847	11:17:04	2,64	0,65	847	11:18:10	2,592	0,574	847
11:13:48	2,644	2,204	789	11:14:54	2,773	0,742	789	11:15:59	2,725	0,675	847	11:17:05	2,646	0,621	847	11:18:11	2,642	0,569	847
11:13:49	2,589	2,122	789	11:14:55	2,811	0,746	789	11:16:00	2,709	0,716	847	11:17:06	2,644	0,649	847	11:18:12	2,618	0,562	847
11:13:50	2,642	2,076	789	11:14:56	2,78	0,727	789	11:16:01	2,726	0,708	847	11:17:07	2,654	0,646	847	11:18:13	2,657	0,57	847
11:13:51	2,613	1,955	789	11:14:57	2,811	0,743	789	11:16:02	2,709	0,711	847	11:17:08	2,599	0,645	847	11:18:14	2,623	0,566	847
11:13:52	2,633	1,86	789	11:14:58	2,771	0,706	789	11:16:04	2,72	0,713	847	11:17:09	2,65	0,644	847	11:18:15	2,659	0,567	847
11:13:53	2,662	1,758	789	11:14:59	2,796	0,746	789	11:16:05	2,667	0,7	847	11:17:10	2,613	0,631	847	11:18:16	2,612	0,559	847
11:13:54	2,674	1,664	789	11:15:00	2,792	0,685	847	11:16:06	2,725	0,711	847	11:17:11	2,644	0,641	847	11:18:17	2,649	0,568	847
11:13:55	2,613	1,553	789	11:15:01	2,783	0,746	847	11:16:07	2,664	0,707	847	11:17:12	2,625	0,593	847	11:18:18	2,601	0,551	847
11:13:56	2,613	0,779	789	11:15:02	2,785	0,674	847	11:16:08	2,725	0,709	847	11:17:13	2,633	0,639	847	11:18:19	2,65	0,562	847
11:13:58	2,671	0,781	789	11:15:03	2,779	0,732	847	11:16:09	2,699	0,698	847	11:17:14	2,643	0,588	847	11:18:20	2,612	0,553	847
11:13:59	2,674	0,764	789	11:15:04	2,783	0,679	847	11:16:10	2,725	0,707	847	11:17:15	2,638	0,622	847	11:18:21	2,649	0,564	847
11:14:00	2,613	0,753	789	11:15:05	2,788	0,73	847	11:16:11	2,731	0,64	847	11:17:16	2,633	0,594	847	11:18:22	2,607	0,553	847
11:14:01	2,613	0,779	789	11:15:06	2,795	0,698	847	11:16:12	2,728	0,696	847	11:17:17	2,63	0,62	847	11:18:23	2,633	0,558	847
11:14:02	2,671	0,781	789	11:15:07	2,788	0,741	847	11:16:13	2,731	0,667	847	11:17:18	2,627	0,629	847	11:18:24	2,632	0,514	847
11:14:03	2,653	0,761	789	11:15:08	2,785	0,733	847	11:16:14	2,724	0,701	847	11:17:19	2,57	0,622	847	11:18:25	2,656	0,559	847
11:14:04	2,716	0,764	789	11:15:09	2,751	0,729	847	11:16:15	2,733	0,703	847	11:17:20	2,627	0,624	847	11:18:26	2,656	0,502	847
11:14:05	2,799	0,768	789	11:15:10	2,787	0,732	847	11:16:16	2,685	0,696	847	11:17:21	2,578	0,62	847	11:18:27	2,662	0,549	847
11:14:06	2,898	0,778	789	11:15:11	2,739	0,723	847	11:16:17	2,736	0,695	847	11:17:22	2,628	0,622	847	11:18:28	2,67	0,544	847
11:14:07	2,707	0,777	789	11:15:12	2,78	0,727	847	11:16:18	2,682	0,687	847	11:17:23	2,627	0,563	847	11:18:29	2,644	0,55	847
11:14:08	2,821	0,671	789	11:15:13	2,733	0,714	847	11:16:19	2,741	0,696	847	11:17:24	2,631	0,618	847	11:18:30	2,642	0,551	847
11:14:09	2,737	0,788	789	11:15:14	2,776	0,728	847	11:16:20	2,743	0,625	847	11:17:25	2,63	0,594	847	11:18:31	2,582	0,543	847
11:14:10	2,818	0,776	789	11:15:15	2,739	0,709	847	11:16:21	2,733	0,689	847	11:17:26	2,616	0,61	847	11:18:32	2,613	0,553	847
11:14:11	2,785	0,789	789	11:15:16	2,76	0,731	847	11:16:22	2,741	0,643	847	11:17:27	2,63	0,609	847	11:18:33	2,599	0,538	847
11:14:12	2,841	0,766	789	11:15:17	2,756	0,671	847	11:16:23	2,719	0,686	847	11:17:28	2,581	0,596	847	11:18:34	2,603	0,548	847
11:14:13	2,735	0,764	789	11:15:18	2,755	0,729	847	11:16:24	2,734	0,69	847	11:17:29	2,627	0,607	847	11:18:35	2,6	0,502	847
11:14:14	2,852	0,74	789	11:15:19	2,749	0,678	847	11:16:25	2,681	0,675	847	11:17:30	2,573	0,594	847	11:18:36	2,583	0,545	847
11:14:15	2,899	0,774	789	11:15:20	2,747	0,727	847	11:16:26	2,727	0,69	847	11:17:31	2,63	0,605	847	11:18:37	2,581	0,547	847
11:14:16	2,998	0,771	789	11:15:21	2,748	0,672	847	11:16:27	2,689	0,662	847	11:17:32	2,606	0,598	847	11:18:38	2,571	0,548	847
11:14:17	2,894	0,752	789	11:15:22	2,738	0,727	847	11:16:28	2,725	0,694	847	11:17:33	2,623	0,606	847	11:18:39	2,571	0,551	847
11:14:18	2,928	0,758	789	11:15:23	2,728	0,718	847	11:16:29	2,723	0,634	847	11:17:34	2,584	0,595	847	11:18:40	2,5	0,542	847
11:14:19	2,902	0,758	789	11:15:24	2,803	0,734	847	11:16:30	2,711	0,692	847	11:17:35	2,605	0,599	847	11:18:41	2,559	0,553	847
11:14:20	2,915	0,757	789	11:15:25	2,835	0,74	847	11:16:31	2,725	0,622	847	11:17:36	2,564	0,596	847	11:18:42	2,544	0,514	847
11:14:21	2,908	0,76	789	11:15:26	2,829	0,738	847	11:16:32	2,714	0,69	847	11:17:37	2,587	0,594	847	11:18:43	2,554	0,55	847
11:14:22	2,898	0,758	789	11:15:27	2,843	0,74	847	11:16:33	2,706	0,63	847	11:17:38	2,547	0,58	847	11:18:44	2,541	0,501	847
11:14:23	2,892	0,729	789	11:15:28	2,663	0,695	847	11:16:34	2,705	0,687	847	11:17:39	2,594	0,6	847	11:18:45	2,566	0,549	847
11:14:24	2,887	0,753	789	11:15:29	2,735	0,699	847	11:16:35	2,705	0,635	847	11:17:40	2,575	0,593	847	11:18:46	2,545	0,546	847
11:14:25	2,823	0,715	789	11:15:30	2,702	0,728	847	11:16:36	2,691	0,692	847	11:17:41	2,614	0,593	847	11:18:47	2,508	0,541	847

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
11:18:55	2,521	0,492	847	11:20:00	2,446	0,497	800	11:21:06	2,43	0,49	800	11:22:11	2,512	0,486	800	11:23:17	2,611	0,592	800
11:18:56	2,527	0,541	847	11:20:01	2,489	0,5	800	11:21:07	2,452	0,447	800	11:22:12	2,51	0,495	800	11:23:18	2,666	0,6	800
11:18:57	2,519	0,499	847	11:20:02	2,44	0,495	800	11:21:08	2,45	0,49	800	11:22:13	2,624	0,497	800	11:23:19	2,763	0,588	800
11:18:58	2,511	0,54	847	11:20:03	2,49	0,497	800	11:21:09	2,467	0,469	800	11:22:14	2,773	0,499	800	11:23:20	2,769	0,601	800
11:18:59	2,526	0,538	847	11:20:04	2,439	0,497	800	11:21:10	2,458	0,486	800	11:22:15	2,72	0,491	800	11:23:21	2,738	0,55	800
11:19:00	2,481	0,538	847	11:20:05	2,484	0,496	800	11:21:11	2,464	0,486	800	11:22:16	2,762	0,5	800	11:23:22	2,675	0,608	800
11:19:01	2,526	0,536	847	11:20:06	2,435	0,483	800	11:21:12	2,461	0,49	800	11:22:17	2,711	0,48	800	11:23:23	2,675	0,559	800
11:19:02	2,475	0,532	847	11:20:07	2,478	0,497	800	11:21:13	2,468	0,49	800	11:22:18	2,735	0,501	800	11:23:24	2,658	0,604	800
11:19:03	2,526	0,536	847	11:20:08	2,43	0,486	800	11:21:14	2,462	0,485	800	11:22:19	2,656	0,465	800	11:23:25	2,76	0,575	800
11:19:04	2,472	0,525	847	11:20:09	2,471	0,499	800	11:21:15	2,467	0,493	800	11:22:21	2,624	0,503	800	11:23:26	2,883	0,604	800
11:19:05	2,525	0,535	847	11:20:10	2,462	0,449	800	11:21:16	2,419	0,493	800	11:22:22	2,773	0,461	800	11:23:27	2,887	0,557	800
11:19:06	2,519	0,521	847	11:20:11	2,469	0,497	800	11:21:17	2,467	0,494	800	11:22:23	2,72	0,504	800	11:23:28	2,939	0,603	800
11:19:07	2,524	0,533	847	11:20:12	2,468	0,444	800	11:21:18	2,407	0,485	800	11:22:24	2,762	0,459	800	11:23:29	2,726	0,569	800
11:19:08	2,525	0,474	847	11:20:13	2,462	0,494	800	11:21:19	2,462	0,495	800	11:22:25	2,711	0,506	800	11:23:30	2,81	0,601	800
11:19:09	2,526	0,531	847	11:20:14	2,466	0,45	800	11:21:20	2,415	0,486	800	11:22:26	2,735	0,458	800	11:23:31	2,577	0,569	800
11:19:10	2,528	0,501	847	11:20:16	2,456	0,49	800	11:21:21	2,459	0,495	800	11:22:27	2,656	0,506	800	11:23:32	2,577	0,596	800
11:19:11	2,525	0,529	847	11:20:17	2,462	0,482	800	11:21:22	2,414	0,497	800	11:22:28	2,724	0,453	800	11:23:33	2,646	0,569	800
11:19:12	2,527	0,517	847	11:20:18	2,455	0,488	800	11:21:23	2,458	0,499	800	11:22:29	2,573	0,506	800	11:23:34	2,778	0,596	800
11:19:13	2,52	0,527	847	11:20:19	2,463	0,49	800	11:21:24	2,433	0,491	800	11:22:30	2,75	0,46	800	11:23:35	2,582	0,595	800
11:19:14	2,522	0,528	847	11:20:20	2,416	0,484	800	11:21:25	2,457	0,5	800	11:22:31	2,566	0,507	800	11:23:36	2,6	0,599	800
11:19:15	2,505	0,527	847	11:20:21	2,465	0,489	800	11:21:26	2,452	0,48	800	11:22:32	2,729	0,457	800	11:23:37	2,468	0,576	800
11:19:16	2,518	0,528	847	11:20:22	2,43	0,481	800	11:21:27	2,461	0,501	800	11:22:33	2,526	0,508	800	11:23:38	2,409	0,61	800
11:19:17	2,507	0,526	847	11:20:23	2,467	0,487	800	11:21:28	2,459	0,465	800	11:22:34	2,726	0,459	800	11:23:39	2,399	0,584	800
11:19:18	2,516	0,515	847	11:20:24	2,469	0,443	800	11:21:29	2,462	0,503	800	11:22:35	2,616	0,51	800	11:23:40	2,6	0,607	800
11:19:19	2,51	0,527	847	11:20:25	2,465	0,489	800	11:21:30	2,462	0,461	800	11:22:36	2,742	0,46	800	11:23:41	2,468	0,607	800
11:19:20	2,512	0,494	847	11:20:26	2,467	0,46	800	11:21:31	2,462	0,504	800	11:22:37	2,601	0,516	800	11:23:42	2,409	0,607	800
11:19:21	2,495	0,526	847	11:20:27	2,458	0,485	800	11:21:32	2,462	0,459	800	11:22:38	2,759	0,473	800	11:23:43	2,399	0,576	800
11:19:22	2,512	0,482	847	11:20:28	2,47	0,483	800	11:21:33	2,463	0,506	800	11:22:39	2,662	0,516	800	11:23:44	2,399	0,603	800
11:19:23	2,509	0,525	847	11:20:29	2,53	0,482	800	11:21:34	2,479	0,458	800	11:22:40	2,741	0,479	800	11:23:45	2,468	0,607	800
11:19:24	2,511	0,489	847	11:20:30	2,496	0,475	800	11:21:35	2,477	0,506	800	11:22:41	2,646	0,518	800	11:23:46	2,409	0,604	800
11:19:25	2,509	0,524	847	11:20:31	2,462	0,481	800	11:21:36	2,488	0,453	800	11:22:42	2,747	0,493	800	11:23:47	2,399	0,59	800
11:19:26	2,508	0,482	847	11:20:32	2,499	0,489	800	11:21:37	2,475	0,506	800	11:22:43	2,687	0,523	800	11:23:48	2,399	0,594	800
11:19:27	2,495	0,523	847	11:20:33	2,439	0,486	800	11:21:38	2,491	0,46	800	11:22:44	2,757	0,522	800	11:23:49	2,475	0,606	800
11:19:28	2,507	0,484	847	11:20:34	2,476	0,496	800	11:21:39	2,489	0,507	800	11:22:45	2,68	0,516	800	11:23:50	2,575	0,604	800
11:19:29	2,5	0,521	847	11:20:35	2,416	0,478	800	11:21:40	2,491	0,457	800	11:22:46	2,766	0,521	800	11:23:51	2,631	0,606	800
11:19:30	2,511	0,477	847	11:20:36	2,469	0,483	800	11:21:41	2,494	0,508	800	11:22:47	2,66	0,517	800	11:23:52	2,592	0,6	800
11:19:31	2,501	0,519	847	11:20:37	2,431	0,483	800	11:21:42	2,493	0,459	800	11:22:48	2,76	0,522	800	11:23:53	2,592	0,605	800
11:19:32	2,511	0,475	847	11:20:38	2,471	0,484	800	11:21:43	2,495	0,51	800	11:22:49	2,667	0,517	800	11:23:54	2,586	0,553	800
11:19:33	2,498	0,519	847	11:20:39	2,417	0,47	800	11:21:44	2,496	0,46	800	11:22:50	2,764	0,521	800	11:23:55	2,586	0,526	800
11:19:34	2,504	0,466	847	11:20:40	2,472	0,482	800	11:21:45	2,498	0,516	800	11:22:51	2,691	0,472	800	11:23:56	2,769	0,575	800
11:19:35	2,502	0,519	847	11:20:41	2,417	0,468	800	11:21:46	2,497	0,473	800	11:22:52	2,767	0,521	800	11:23:57	2,61	0,559	800
11:19:36	2,498	0,468	847	11:20:42	2,471	0,481	800	11:21:47	2,497	0,516	800	11:22:53	2,664	0,477	800	11:23:58	2,547	0,592	800
11:19:37	2,496	0,517	847	11:20:43	2,436	0,471	800	11:21:48	2,491	0,479	800	11:22:54	2,766	0,519	800	11:23:59	2,476	0,584	800
11:19:38	2,487	0,485	847	11:20:44	2,472	0,479	800	11:21:49	2,486	0,518	800	11:22:55	2,618	0,48	800	11:24:00	2,527	0,595	800
11:19:39	2,497	0,515	847	11:20:45	2,428	0,47	800	11:21:50	2,485	0,493	800	11:22:56	2,766	0,52	800	11:24:01	2,519	0,599	800
11:19:40	2,497	0,466	847	11:20:46	2,472	0,478	800	11:21:51	2,482	0,523	800	11:22:57	2,573	0,479	800	11:24:02	2,506	0,587	800
11:19:41	2,502	0,513	847	11:20:47	2,42	0,479	800	11:21:52	2,491	0,522	800	11:22:58	2,755	0,528	800	11:24:03	2,506	0,597	800
11:19:42	2,505	0,462	847	11:20:48	2,471	0,482	800	11:21:53	2,456	0,516	800	11:22:59	2,573	0,479	800	11:24:04	2,501	0,586	800
11:19:43	2,504	0,509	847	11:20:49	2,424	0,472	800	11:21:54	2,496	0,521	800	11:23:00	2,751	0,463	800	11:24:05	2,542	0,598	800
11:19:44	2,497	0,461	847	11:20:50	2,474	0,483	800	11:21:55	2,44	0,517	800	11:23:01	2,707	0,471	800	11:24:06	2,508	0,6	800
11:19:45	2,502	0,508	847	11:20:51	2,428	0,478	800	11:21:56	2,494	0,522	800	11:23:02	2,753	0,531	800	11:24:07	2,521	0,604	800
11:19:46	2,502	0,457	847	11:20:52	2,477	0,482	800	11:21:57	2,464	0,517	800	11:23:03	2,723	0,553	800	11:24:08	2,519	0,592	800
11:19:47	2,499	0,506	847	11:20:53	2,422	0,479	800	11:21:58	2,509	0,521	800	11:23:04	2,755	0,526	800	11:24:09	2,523	0,6	800
11:19:48	2,499	0,452	847	11:20:54	2,475	0,483	800	11:21:59	2,514	0,472	800	11:23:05	2,686	0,575	800	11:24:10	2,511	0,588	800
11:19:49	2,497	0,506	847	11:20:55	2,449	0,467	800	11:22:00	2,518	0,521	800	11:23:06	2,754	0,559	800	11:24:11	2,513	0,601	800
11:19:50	2,474	0,471	847	11:20:56	2,468	0,479	800	11:22:01	2,536	0,477	800	11:23:07	2,704	0,592	800	11:24:12	2,514	0,55	800
11:19:51	2,5	0,504	847	11:20:57	2,436	0,467	800	11:22:02	2,531	0,519	800	11:23:08	2,736	0,584	800	11:24:13	2,515	0,608	800
11:19:52	2,471	0,498	847	11:20:58	2,449	0,482	800	11:22:03	2,542	0,48	800	11:23:09	2,635	0,595	800	11:24:14	2,519	0,559	800

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
11:24:22	2,517	0,569	800	11:25:28	2,515	0,534	792	11:26:34	2,478	0,699	792	11:27:39	2,429	0,778	792	11:28:45	2,776	0,773	792
11:24:23	2,505	0,596	800	11:25:29	2,449	0,589	792	11:26:35	2,383	0,713	792	11:27:40	2,419	0,754	792	11:28:46	2,785	0,79	792
11:24:24	2,493	0,569	800	11:25:30	2,443	0,596	792	11:26:36	2,354	0,704	792	11:27:41	2,454	0,774	792	11:28:47	2,768	0,73	792
11:24:26	2,446	0,596	800	11:25:31	2,505	0,598	792	11:26:37	2,416	0,71	792	11:27:42	2,55	0,728	792	11:28:48	2,746	0,795	792
11:24:27	2,405	0,595	800	11:25:32	2,55	0,6	792	11:26:38	2,37	0,649	792	11:27:43	2,589	0,777	792	11:28:49	2,74	0,759	792
11:24:28	2,459	0,599	800	11:25:33	2,565	0,602	792	11:26:39	2,466	0,707	792	11:27:44	2,547	0,779	792	11:28:50	2,691	0,778	792
11:24:29	2,518	0,576	800	11:25:34	2,566	0,607	792	11:26:40	2,49	0,65	792	11:27:45	2,478	0,761	792	11:28:51	2,664	0,791	792
11:24:30	2,54	0,61	800	11:25:35	2,563	0,596	792	11:26:41	2,481	0,701	792	11:27:46	2,448	0,767	792	11:28:52	2,657	0,779	792
11:24:31	2,552	0,584	800	11:25:36	2,528	0,608	792	11:26:42	2,483	0,669	792	11:27:47	2,419	0,692	792	11:28:53	2,685	0,788	792
11:24:32	2,54	0,607	800	11:25:37	2,433	0,553	792	11:26:43	2,531	0,7	792	11:27:48	2,454	0,755	792	11:28:54	2,698	0,706	792
11:24:33	2,525	0,607	800	11:25:38	2,404	0,623	792	11:26:44	2,533	0,671	792	11:27:49	2,55	0,697	792	11:28:55	2,657	0,786	792
11:24:34	2,513	0,607	800	11:25:39	2,466	0,59	792	11:26:45	2,53	0,696	792	11:27:50	2,589	0,731	792	11:28:56	2,54	0,726	792
11:24:35	2,51	0,576	800	11:25:40	2,42	0,627	792	11:26:46	2,528	0,689	792	11:27:51	2,547	0,725	792	11:28:57	2,379	0,774	792
11:24:36	2,51	0,603	800	11:25:41	2,466	0,628	792	11:26:47	2,544	0,689	792	11:27:52	2,478	0,713	792	11:28:58	2,691	0,731	792
11:24:37	2,504	0,607	800	11:25:42	2,49	0,628	792	11:26:48	2,544	0,688	792	11:27:53	2,448	0,722	792	11:28:59	2,664	0,75	792
11:24:38	2,511	0,604	800	11:25:43	2,481	0,642	792	11:26:49	2,541	0,687	792	11:27:54	2,485	0,708	792	11:29:00	2,657	0,706	792
11:24:39	2,517	0,59	800	11:25:44	2,483	0,627	792	11:26:50	2,539	0,684	792	11:27:55	2,479	0,719	792	11:29:01	2,685	0,731	792
11:24:40	2,514	0,594	800	11:25:45	2,52	0,645	792	11:26:51	2,543	0,686	792	11:27:56	2,377	0,656	792	11:29:02	2,698	0,732	792
11:24:41	2,513	0,606	800	11:25:46	2,531	0,581	792	11:26:52	2,549	0,687	792	11:27:57	2,382	0,728	792	11:29:03	2,657	0,732	792
11:24:42	2,513	0,604	800	11:25:47	2,533	0,646	792	11:26:53	2,557	0,683	792	11:27:58	2,395	0,668	792	11:29:04	2,54	0,712	792
11:24:43	2,516	0,606	800	11:25:48	2,53	0,576	792	11:26:54	2,564	0,685	792	11:27:59	2,397	0,736	792	11:29:05	2,379	0,725	792
11:24:44	2,514	0,6	800	11:25:49	2,528	0,65	792	11:26:55	2,566	0,683	792	11:28:00	2,365	0,751	792	11:29:06	2,644	0,725	792
11:24:45	2,523	0,605	800	11:25:50	2,544	0,619	792	11:26:56	2,567	0,657	792	11:28:01	2,485	0,754	792	11:29:07	2,779	0,724	792
11:24:46	2,519	0,592	800	11:25:51	2,544	0,657	792	11:26:57	2,57	0,684	792	11:28:02	2,479	0,756	792	11:29:08	2,757	0,715	792
11:24:47	2,521	0,603	800	11:25:52	2,491	0,623	792	11:26:58	2,577	0,64	792	11:28:03	2,377	0,75	792	11:29:09	2,765	0,724	792
11:24:48	2,52	0,593	800	11:25:53	2,489	0,649	792	11:26:59	2,573	0,683	792	11:28:04	2,382	0,754	792	11:29:10	2,767	0,741	792
11:24:49	2,531	0,602	800	11:25:54	2,493	0,648	792	11:27:00	2,571	0,675	792	11:28:05	2,395	0,681	792	11:29:11	2,758	0,753	792
11:24:50	2,533	0,591	800	11:25:55	2,499	0,652	792	11:27:01	2,562	0,685	792	11:28:06	2,397	0,756	792	11:29:12	2,71	0,763	792
11:24:51	2,53	0,599	800	11:25:56	2,507	0,658	792	11:27:02	2,573	0,685	792	11:28:07	2,43	0,705	792	11:29:13	2,419	0,757	792
11:24:52	2,528	0,57	800	11:25:57	2,514	0,662	792	11:27:03	2,565	0,681	792	11:28:08	2,431	0,757	792	11:29:14	2,644	0,784	792
11:24:53	2,544	0,597	800	11:25:58	2,516	0,664	792	11:27:04	2,563	0,688	792	11:28:09	2,429	0,717	792	11:29:15	2,759	0,77	792
11:24:54	2,544	0,53	800	11:25:59	2,517	0,653	792	11:27:05	2,549	0,684	792	11:28:10	2,393	0,749	792	11:29:16	2,777	0,793	792
11:24:55	2,541	0,594	800	11:26:00	2,52	0,664	792	11:27:06	2,515	0,688	792	11:28:11	2,364	0,75	792	11:29:17	2,765	0,77	792
11:24:56	2,539	0,539	800	11:26:01	2,527	0,652	792	11:27:07	2,449	0,685	792	11:28:12	2,364	0,748	792	11:29:18	2,767	0,795	792
11:24:57	2,543	0,591	800	11:26:02	2,523	0,669	792	11:27:08	2,443	0,687	792	11:28:13	2,32	0,748	792	11:29:19	2,758	0,785	792
11:24:58	2,549	0,546	800	11:26:03	2,521	0,622	792	11:27:09	2,505	0,686	792	11:28:14	2,358	0,734	792	11:29:20	2,71	0,795	792
11:24:59	2,557	0,589	800	11:26:04	2,512	0,676	792	11:27:10	2,55	0,689	792	11:28:15	2,42	0,75	792	11:29:21	2,419	0,729	792
11:25:00	2,564	0,56	792	11:26:05	2,523	0,619	792	11:27:11	2,565	0,668	792	11:28:16	2,364	0,734	792	11:29:22	2,71	0,774	792
11:25:01	2,566	0,584	792	11:26:06	2,515	0,681	792	11:27:12	2,566	0,688	792	11:28:17	2,32	0,747	792	11:29:23	2,419	0,729	792
11:25:02	2,567	0,584	792	11:26:07	2,513	0,631	792	11:27:13	2,563	0,686	792	11:28:18	2,358	0,725	792	11:29:24	2,368	0,766	792
11:25:03	2,57	0,576	792	11:26:08	2,499	0,689	792	11:27:14	2,528	0,69	792	11:28:19	2,42	0,737	792	11:29:25	2,344	0,697	792
11:25:04	2,577	0,584	792	11:26:09	2,465	0,633	792	11:27:15	2,433	0,637	792	11:28:20	2,495	0,714	792	11:29:26	2,368	0,784	792
11:25:05	2,573	0,569	792	11:26:10	2,399	0,694	792	11:27:16	2,571	0,695	792	11:28:21	2,604	0,73	792	11:29:27	2,344	0,727	792
11:25:06	2,571	0,581	792	11:26:11	2,393	0,69	792	11:27:17	2,562	0,648	792	11:28:22	2,68	0,66	792	11:29:28	2,295	0,788	792
11:25:07	2,562	0,569	792	11:26:12	2,455	0,698	792	11:27:18	2,573	0,708	792	11:28:23	2,707	0,733	792	11:29:29	2,344	0,703	792
11:25:08	2,573	0,581	792	11:26:13	2,5	0,702	792	11:27:19	2,565	0,665	792	11:28:24	2,715	0,667	792	11:29:30	2,368	0,782	792
11:25:09	2,565	0,517	792	11:26:14	2,515	0,699	792	11:27:20	2,563	0,727	792	11:28:25	2,346	0,745	792	11:29:31	2,344	0,763	792
11:25:10	2,563	0,582	792	11:26:15	2,516	0,708	792	11:27:21	2,549	0,729	792	11:28:26	2,495	0,7	792	11:29:32	2,449	0,782	792
11:25:11	2,549	0,535	792	11:26:16	2,513	0,693	792	11:27:22	2,515	0,717	792	11:28:27	2,604	0,759	792	11:29:33	2,545	0,72	792
11:25:12	2,515	0,581	792	11:26:17	2,478	0,711	792	11:27:23	2,449	0,734	792	11:28:28	2,68	0,72	792	11:29:34	2,317	0,793	792
11:25:13	2,449	0,579	792	11:26:18	2,383	0,695	792	11:27:24	2,443	0,661	792	11:28:29	2,707	0,767	792	11:29:35	2,376	0,78	792
11:25:14	2,443	0,581	792	11:26:19	2,521	0,713	792	11:27:25	2,505	0,738	792	11:28:30	2,715	0,77	792	11:29:36	2,449	0,797	792
11:25:15	2,505	0,59	792	11:26:20	2,512	0,698	792	11:27:26	2,55	0,7	792	11:28:31	2,718	0,758	792	11:29:37	2,545	0,787	792
11:25:16	2,55	0,579	792	11:26:21	2,523	0,716	792	11:27:27	2,565	0,741	792	11:28:32	2,731	0,775	792	11:29:38	2,636	0,812	792
11:25:17	2,566	0,588	792	11:26:22	2,515	0,656	792	11:27:28	2,566	0,744	792	11:28:33	2,724	0,767	792	11:29:39	2,656	0,797	792
11:25:18	2,566	0,569	792	11:26:23	2,513	0,722	792	11:27:29	2,563	0,732	792	11:28:34	2,727	0,779	792	11:29:40	2,652	0,819	792
11:25:19	2,563	0,588	792	11:26:24	2,499	0,671	792	11:27:30	2,528	0,754	792	11:28:35	2,728	0,719	792	11:29:41	2,683	0,796	792
11:25:20	2,528	0,577	792	11:26:25	2,465	0,721	792	11:27:31	2,433	0,692	792	11:28:37	2,738	0,783	792	11:29:42	2,736	0,824	792
1																			

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
11:29:50	2,789	0,826	792	11:30:56	0,899	0,79	358	11:32:01	0,745	0,691	358	11:33:07	0,874	0,726	358	11:34:12	0,812	0,688	358
11:29:51	2,618	0,741	792	11:30:57	0,897	0,742	358	11:32:02	0,793	0,693	358	11:33:08	0,869	0,732	358	11:34:13	0,827	0,656	358
11:29:52	2,255	0,798	792	11:30:58	0,895	0,786	358	11:32:03	0,765	0,685	358	11:33:09	0,858	0,728	358	11:34:14	0,826	0,684	358
11:29:53	2,023	0,724	792	11:30:59	0,863	0,736	358	11:32:04	0,793	0,688	358	11:33:10	0,859	0,729	358	11:34:15	0,825	0,652	358
11:29:54	2,02	0,789	792	11:31:00	0,886	0,783	358	11:32:05	0,74	0,686	358	11:33:11	0,834	0,686	358	11:34:16	0,811	0,681	358
11:29:55	2,062	0,761	792	11:31:01	0,885	0,732	358	11:32:06	0,792	0,69	358	11:33:12	0,85	0,727	358	11:34:17	0,827	0,65	358
11:29:56	2,021	0,795	792	11:31:02	0,885	0,779	358	11:32:07	0,778	0,686	358	11:33:13	0,845	0,673	358	11:34:18	0,815	0,677	358
11:29:57	1,998	0,755	792	11:31:03	0,865	0,739	358	11:32:08	0,781	0,659	358	11:33:14	0,842	0,725	358	11:34:19	0,836	0,648	358
11:29:58	2,114	0,8	792	11:31:04	0,88	0,775	358	11:32:09	0,778	0,689	358	11:33:15	0,839	0,666	358	11:34:20	0,844	0,675	358
11:29:59	2,229	0,798	792	11:31:05	0,873	0,722	358	11:32:10	0,795	0,632	358	11:33:16	0,836	0,721	358	11:34:21	0,849	0,655	358
11:30:00	2,172	0,81	358	11:31:06	0,872	0,771	358	11:32:11	0,784	0,688	358	11:33:17	0,83	0,662	358	11:34:22	0,839	0,675	358
11:30:01	2,026	0,75	358	11:31:07	0,874	0,725	358	11:32:12	0,795	0,637	358	11:33:18	0,832	0,718	358	11:34:23	0,842	0,642	358
11:30:02	1,944	0,807	358	11:31:08	0,868	0,767	358	11:32:13	0,798	0,686	358	11:33:19	0,796	0,663	358	11:34:24	0,831	0,673	358
11:30:03	2,034	0,723	358	11:31:09	0,868	0,711	358	11:32:14	0,799	0,635	358	11:33:20	0,828	0,715	358	11:34:25	0,843	0,646	358
11:30:04	1,993	0,813	358	11:31:10	0,859	0,765	358	11:32:15	0,791	0,687	358	11:33:21	0,785	0,702	358	11:34:26	0,835	0,673	358
11:30:05	1,874	0,8	358	11:31:11	0,865	0,725	358	11:32:16	0,802	0,668	358	11:33:22	0,825	0,711	358	11:34:27	0,845	0,67	358
11:30:06	1,794	0,816	358	11:31:12	0,85	0,764	358	11:32:17	0,785	0,687	358	11:33:23	0,774	0,699	358	11:34:28	0,831	0,671	358
11:30:07	1,552	0,799	358	11:31:13	0,861	0,716	358	11:32:18	0,806	0,673	358	11:33:24	0,824	0,708	358	11:34:29	0,849	0,674	358
11:30:08	1,416	0,802	358	11:31:14	0,845	0,76	358	11:32:19	0,797	0,69	358	11:33:25	0,779	0,705	358	11:34:30	0,806	0,676	358
11:30:09	1,303	0,79	358	11:31:15	0,857	0,713	358	11:32:20	0,811	0,691	358	11:33:26	0,825	0,705	358	11:34:31	0,858	0,678	358
11:30:10	1,344	0,801	358	11:31:16	0,845	0,756	358	11:32:21	0,749	0,691	358	11:33:27	0,789	0,698	358	11:34:32	0,791	0,67	358
11:30:11	1,357	0,753	358	11:31:17	0,853	0,719	358	11:32:22	0,816	0,692	358	11:33:28	0,821	0,702	358	11:34:33	0,865	0,682	358
11:30:12	1,48	0,812	358	11:31:18	0,836	0,754	358	11:32:23	0,748	0,681	358	11:33:29	0,782	0,689	358	11:34:34	0,796	0,683	358
11:30:13	1,571	0,752	358	11:31:19	0,849	0,711	358	11:32:24	0,822	0,696	358	11:33:30	0,828	0,701	358	11:34:35	0,872	0,685	358
11:30:14	1,571	0,752	358	11:31:20	0,835	0,751	358	11:32:25	0,776	0,69	358	11:33:31	0,795	0,692	358	11:34:36	0,868	0,675	358
11:30:15	1,648	0,754	358	11:31:21	0,845	0,713	358	11:32:26	0,827	0,698	358	11:33:32	0,828	0,701	358	11:34:37	0,877	0,691	358
11:30:16	1,726	0,838	358	11:31:22	0,84	0,748	358	11:32:27	0,831	0,648	358	11:33:33	0,831	0,673	358	11:34:38	0,882	0,645	358
11:30:17	1,855	0,775	358	11:31:23	0,841	0,717	358	11:32:28	0,834	0,7	358	11:33:34	0,836	0,702	358	11:34:39	0,868	0,696	358
11:30:18	1,859	0,85	358	11:31:24	0,829	0,745	358	11:32:29	0,836	0,658	358	11:33:35	0,839	0,648	358	11:34:40	0,886	0,674	358
11:30:19	1,83	0,762	358	11:31:25	0,838	0,719	358	11:32:30	0,828	0,704	358	11:33:36	0,838	0,702	358	11:34:41	0,873	0,697	358
11:30:20	1,598	0,842	358	11:31:26	0,829	0,743	358	11:32:31	0,845	0,676	358	11:33:37	0,845	0,649	358	11:34:42	0,889	0,702	358
11:30:21	1,359	0,779	358	11:31:27	0,816	0,715	358	11:32:32	0,836	0,708	358	11:33:38	0,833	0,704	358	11:34:43	0,816	0,704	358
11:30:22	1,218	0,827	358	11:31:28	0,803	0,74	358	11:32:33	0,852	0,71	358	11:33:39	0,85	0,65	358	11:34:44	0,891	0,706	358
11:30:23	1,209	0,779	358	11:31:29	0,824	0,714	358	11:32:34	0,846	0,71	358	11:33:40	0,835	0,706	358	11:34:45	0,827	0,699	358
11:30:24	1,182	0,826	358	11:31:30	0,811	0,733	358	11:32:35	0,86	0,714	358	11:33:41	0,854	0,655	358	11:34:46	0,894	0,71	358
11:30:25	1,188	0,77	358	11:31:31	0,825	0,728	358	11:32:36	0,791	0,714	358	11:33:42	0,842	0,709	358	11:34:47	0,895	0,664	358
11:30:26	1,176	0,824	358	11:31:32	0,809	0,73	358	11:32:37	0,868	0,719	358	11:33:43	0,859	0,686	358	11:34:48	0,889	0,715	358
11:30:27	1,162	0,766	358	11:31:33	0,822	0,731	358	11:32:38	0,794	0,704	358	11:33:44	0,845	0,711	358	11:34:49	0,898	0,679	358
11:30:28	1,143	0,821	358	11:31:34	0,815	0,73	358	11:32:39	0,875	0,722	358	11:33:45	0,86	0,711	358	11:34:50	0,865	0,714	358
11:30:29	1,139	0,773	358	11:31:35	0,818	0,727	358	11:32:40	0,851	0,717	358	11:33:46	0,793	0,704	358	11:34:51	0,903	0,716	358
11:30:30	1,115	0,818	358	11:31:36	0,793	0,724	358	11:32:41	0,882	0,726	358	11:33:47	0,861	0,714	358	11:34:52	0,841	0,713	358
11:30:31	1,12	0,776	358	11:31:37	0,816	0,726	358	11:32:42	0,881	0,692	358	11:33:48	0,812	0,709	358	11:34:53	0,907	0,723	358
11:30:32	0,996	0,817	358	11:31:38	0,755	0,722	358	11:32:43	0,89	0,729	358	11:33:49	0,855	0,714	358	11:34:54	0,904	0,689	358
11:30:33	1,002	0,816	358	11:31:39	0,813	0,719	358	11:32:44	0,893	0,679	358	11:33:50	0,857	0,654	358	11:34:55	0,912	0,727	358
11:30:34	0,982	0,812	358	11:31:40	0,742	0,716	358	11:32:45	0,895	0,732	358	11:33:51	0,842	0,714	358	11:34:56	0,914	0,665	358
11:30:35	0,988	0,814	358	11:31:41	0,811	0,719	358	11:32:46	0,898	0,673	358	11:33:52	0,858	0,683	358	11:34:57	0,916	0,731	358
11:30:36	0,904	0,8	358	11:31:42	0,746	0,714	358	11:32:47	0,899	0,735	358	11:33:53	0,851	0,714	358	11:34:58	0,918	0,678	358
11:30:37	0,973	0,811	358	11:31:43	0,809	0,718	358	11:32:48	0,9	0,675	358	11:33:54	0,856	0,714	358	11:35:00	0,902	0,735	182
11:30:38	0,896	0,797	358	11:31:44	0,737	0,704	358	11:32:49	0,902	0,735	358	11:33:55	0,784	0,702	358	11:35:01	0,922	0,713	182
11:30:39	0,962	0,808	358	11:31:45	0,806	0,713	358	11:32:50	0,904	0,681	358	11:33:56	0,855	0,712	358	11:35:02	0,906	0,738	182
11:30:40	0,887	0,799	358	11:31:46	0,762	0,706	358	11:32:51	0,899	0,738	358	11:33:57	0,796	0,702	358	11:35:03	0,927	0,72	182
11:30:41	0,951	0,807	358	11:31:47	0,804	0,711	358	11:32:52	0,903	0,685	358	11:33:58	0,853	0,711	358	11:35:04	0,922	0,742	182
11:30:43	0,924	0,793	358	11:31:48	0,77	0,707	358	11:32:53	0,905	0,739	358	11:33:59	0,813	0,705	358	11:35:05	0,93	0,744	182
11:30:44	0,942	0,805	358	11:31:49	0,801	0,708	358	11:32:54	0,905	0,68	358	11:34:00	0,849	0,71	358	11:35:06	0,851	0,731	182
11:30:45	0,931	0,751	358	11:31:50	0,799	0,663	358	11:32:55	0,893	0,738	358	11:34:01	0,815	0,662	358	11:35:07	0,932	0,746	182
11:30:46	0,915	0,804	358	11:31:51	0,794	0,706	358	11:32:56	0,905	0,682	358	11:34:02	0,846	0,707	358	11:35:08	0,854	0,746	182
11:30:47	0,928	0,747	358	11:31:52	0,799	0,656	358	11:32:57	0,893	0,738	358	11:34:03	0,845	0,647	358	11:35:09	0,933	0,748	182
11:30:48	0,912	0,801	358	11:31:53	0,788	0,702	358	11:32:58	0,893	0,679	358	11:34:04	0,842	0,704	358	11:35:10	0,894	0,743	182

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
11:35:18	0,927	0,698	182	11:36:23	0,806	0,623	182	11:37:29	1,715	0,701	182	11:38:34	2,794	0,753	182
11:35:19	0,915	0,749	182	11:36:24	0,812	0,609	182	11:37:30	1,779	0,742	182	11:38:35	2,809	0,664	182
11:35:20	0,924	0,696	182	11:36:25	0,812	0,619	182	11:37:31	1,89	0,714	182	11:38:36	2,807	0,751	182
11:35:21	0,917	0,747	182	11:36:26	0,813	0,593	182	11:37:32	2,038	0,754	182	11:38:37	2,806	0,707	182
11:35:22	0,923	0,695	182	11:36:27	0,799	0,618	182	11:37:33	2,215	0,742	182	11:38:38	2,801	0,749	182
11:35:23	0,905	0,743	182	11:36:28	0,815	0,621	182	11:37:34	2,394	0,768	182	11:38:39	2,801	0,752	182
11:35:24	0,919	0,714	182	11:36:29	0,802	0,617	182	11:37:35	2,567	0,77	182	11:38:40	2,799	0,74	182
11:35:25	0,909	0,74	182	11:36:30	0,818	0,617	182	11:37:36	2,71	0,778	182	11:38:41	2,814	0,75	182
11:35:26	0,915	0,695	182	11:36:31	0,749	0,612	182	11:37:37	2,817	0,783	182	11:38:42	2,806	0,666	182
11:35:27	0,901	0,738	182	11:36:32	0,822	0,617	182	11:37:38	2,89	0,784	182	11:38:43	2,816	0,749	182
11:35:28	0,911	0,686	182	11:36:33	0,786	0,604	182	11:37:39	2,932	0,793	182	11:38:44	2,811	0,683	182
11:35:29	0,891	0,734	182	11:36:34	0,825	0,614	182	11:37:40	2,945	0,802	182	11:38:45	2,803	0,75	182
11:35:30	0,905	0,676	182	11:36:35	0,828	0,558	182	11:37:41	2,954	0,798	182	11:38:46	2,811	0,749	182
11:35:31	0,904	0,729	182	11:36:36	0,825	0,614	182	11:37:42	2,957	0,806	182	11:38:47	2,795	0,738	182
11:35:32	0,893	0,668	182	11:36:37	0,835	0,577	182	11:37:43	2,964	0,755	182	11:38:48	2,78	0,751	182
11:35:33	0,899	0,725	182	11:36:38	0,825	0,611	182	11:37:44	2,961	0,803	182	11:38:49	2,766	0,734	182
11:35:34	0,894	0,699	182	11:36:39	0,842	0,613	182	11:37:45	2,961	0,747	182	11:38:50	2,78	0,749	182
11:35:35	0,887	0,721	182	11:36:40	0,782	0,6	182	11:37:46	2,952	0,808	182	11:38:51	2,808	0,66	182
11:35:36	0,89	0,665	182	11:36:41	0,851	0,613	182	11:37:47	2,948	0,735	182	11:38:52	2,815	0,744	182
11:35:37	0,884	0,716	182	11:36:42	0,795	0,602	182	11:37:48	2,943	0,807	182	11:38:53	2,8	0,67	182
11:35:38	0,885	0,656	182	11:36:43	0,859	0,61	182	11:37:49	2,934	0,735	182	11:38:54	2,799	0,747	182
11:35:39	0,88	0,709	182	11:36:44	0,865	0,557	182	11:37:50	2,927	0,806	182	11:38:55	2,795	0,723	182
11:35:40	0,879	0,645	182	11:36:45	0,868	0,612	182	11:37:51	2,92	0,75	182	11:38:56	2,779	0,747	182
11:35:41	0,862	0,703	182	11:36:46	0,878	0,568	182	11:37:52	2,915	0,805	182	11:38:57	2,782	0,739	182
11:35:42	0,873	0,673	182	11:36:47	0,873	0,614	182	11:37:53	2,904	0,797	182	11:38:58	2,788	0,745	182
11:35:43	0,85	0,692	182	11:36:48	0,992	0,59	182	11:37:54	2,898	0,791	182	11:38:59	2,801	0,738	182
11:35:44	0,867	0,692	182	11:36:49	0,993	0,616	182	11:37:55	2,904	0,787	182	11:39:00	2,803	0,736	182
11:35:45	0,797	0,681	182	11:36:50	1,011	0,618	182	11:37:56	2,898	0,793	182	11:39:01	2,808	0,719	182
11:35:46	0,861	0,687	182	11:36:51	0,957	0,612	182	11:37:57	2,868	0,797	182	11:39:02	2,801	0,729	182
11:35:47	0,815	0,677	182	11:36:52	1,036	0,623	182	11:37:58	2,77	0,79	182	11:39:03	2,799	0,703	182
11:35:48	0,857	0,683	182	11:36:53	0,988	0,623	182	11:37:59	2,696	0,787	182	11:39:04	2,811	0,726	182
11:35:49	0,855	0,623	182	11:36:54	1,083	0,627	182	11:38:00	2,679	0,787	182	11:39:05	2,811	0,726	182
11:35:50	0,844	0,678	182	11:36:55	1,029	0,619	182	11:38:01	2,746	0,785	182	11:39:06	2,798	0,722	182
11:35:51	0,851	0,641	182	11:36:56	1,14	0,633	182	11:38:02	2,812	0,768	182	11:39:07	2,797	0,724	182
11:35:52	0,844	0,673	182	11:36:57	1,089	0,621	182	11:38:03	2,844	0,783	182	11:39:08	2,797	0,722	182
11:35:53	0,847	0,673	182	11:36:58	1,176	0,639	182	11:38:04	2,84	0,765	182	11:39:09	2,797	0,722	182
11:35:54	0,802	0,66	182	11:36:59	1,181	0,639	182	11:38:05	2,843	0,78	182	11:39:10	2,787	0,709	182
11:35:55	0,842	0,666	182	11:37:00	1,202	0,643	182	11:38:06	2,846	0,765	182	11:39:11	2,784	0,721	182
11:35:56	0,84	0,608	182	11:37:02	1,206	0,647	182	11:38:07	2,843	0,776	182	11:39:12	2,782	0,693	182
11:35:57	0,821	0,663	182	11:37:03	1,224	0,651	182	11:38:08	2,832	0,762	182	11:39:13	2,785	0,715	182
11:35:58	0,837	0,631	182	11:37:04	1,232	0,652	182	11:38:09	2,842	0,771	182	11:39:14	2,779	0,673	182
11:35:59	0,823	0,658	182	11:37:05	1,239	0,648	182	11:38:10	2,841	0,753	182	11:39:15	2,777	0,715	182
11:36:00	0,834	0,648	182	11:37:06	1,221	0,656	182	11:38:11	2,838	0,767	182	11:39:16	2,774	0,665	182
11:36:01	0,826	0,65	182	11:37:07	1,253	0,659	182	11:38:12	2,829	0,76	182	11:39:17	2,771	0,713	182
11:36:02	0,831	0,648	182	11:37:08	1,252	0,662	182	11:38:13	2,838	0,765	182	11:39:18	2,762	0,649	182
11:36:03	0,8	0,648	182	11:37:09	1,268	0,665	182	11:38:14	2,82	0,746	182	11:39:19	2,759	0,716	182
11:36:04	0,829	0,65	182	11:37:10	1,266	0,667	182	11:38:15	2,826	0,762	182	11:39:20	2,764	0,648	182
11:36:05	0,815	0,647	182	11:37:11	1,283	0,668	182	11:38:16	2,792	0,753	182	11:39:21	2,759	0,706	182
11:36:06	0,825	0,647	182	11:37:12	1,296	0,674	182	11:38:17	2,799	0,76	182	11:39:22	2,749	0,637	182
11:36:07	0,809	0,643	182	11:37:13	1,335	0,676	182	11:38:18	2,791	0,759	182	11:39:23	2,735	0,708	182
11:36:08	0,823	0,643	182	11:37:14	1,356	0,681	182	11:38:19	2,804	0,757	182	11:39:24	2,716	0,652	182
11:36:09	0,81	0,64	182	11:37:15	1,385	0,681	182	11:38:20	2,798	0,754	182	11:39:25	2,722	0,705	182
11:36:10	0,82	0,64	182	11:37:16	1,393	0,688	182	11:38:21	2,802	0,756	182	11:39:26	2,716	0,641	182
11:36:11	0,801	0,638	182	11:37:17	1,41	0,685	182	11:38:22	2,795	0,752	182	11:39:27	2,712	0,702	182
11:36:12	0,819	0,616	182	11:37:18	1,398	0,695	182	11:38:23	2,783	0,755	182	11:39:28	2,721	0,631	182
11:36:13	0,809	0,636	182	11:37:19	1,39	0,678	182	11:38:24	2,787	0,745	182	11:39:29	2,715	0,697	182
11:36:14	0,817	0,635	182	11:37:20	1,37	0,7	182	11:38:25	2,804	0,753	182	11:39:30	2,716	0,622	182
11:36:15	0,799	0,632	182	11:37:21	1,355	0,669	182	11:38:26	2,819	0,666	182	11:39:31	2,716	0,693	182
11:36:16	0,815	0,63	182	11:37:22	1,356	0,705	182	11:38:27	2,824	0,752	182	11:39:32	2,715	0,638	182
11:36:17	0,81	0,631	182	11:37:23	1,372	0,672	182	11:38:28	2,828	0,675	182	11:39:33	2,71	0,689	182
11:36:18	0,814	0,605	182	11:37:24	1,396	0,711	182	11:38:29	2,819	0,748	182	11:39:34	2,71	0,629	182
11:36:19	0,81	0,627	182	11:37:25	1,456	0,673	182	11:38:30	2,818	0,752	182	11:39:35	2,715	0,686	182
11:36:20	0,813	0,625	182	11:37:26	1,504	0,719	182	11:38:31	2,81	0,745	182	11:39:36	2,707	0,602	182
11:36:21	0,803	0,621	182	11:37:27	1,584	0,687	182	11:38:32	2,801	0,752	182	11:39:37	2,714	0,681	182
11:36:22	0,813	0,595	182	11:37:28	1,639	0,733	182	11:38:33	2,787	0,744	182	11:39:38	2,711	0,596	182
												11:39:39	2,707	0,678	182

Figura 7.20: 27 de noviembre 2021

Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr	Hora	I2(A)	I1(A)	Irr
11:39:40	2,708	0,608	182	11:40:45	2,669	0,613	844	11:41:51	2,689	0,546	844	11:42:56	2,656	0,55	844
11:39:41	2,706	0,674	182	11:40:46	2,675	0,623	844	11:41:52	2,695	0,604	844	11:42:57	2,66	0,606	844
11:39:42	2,71	0,611	182	11:40:47	2,669	0,604	844	11:41:53	2,691	0,539	844	11:42:58	2,666	0,569	844
11:39:43	2,706	0,671	182	11:40:48	2,68	0,623	844	11:41:54	2,693	0,604	844	11:42:59	2,68	0,606	844
11:39:44	2,708	0,606	182	11:40:49	2,675	0,616	844	11:41:55	2,69	0,562	844	11:43:00	2,685	0,603	844
11:39:45	2,712	0,667	182	11:40:50	2,685	0,619	844	11:41:56	2,685	0,603	844	11:43:01	2,692	0,607	844
11:39:46	2,715	0,595	182	11:40:51	2,683	0,553	844	11:41:57	2,697	0,562	844	11:43:02	2,703	0,593	844
11:39:47	2,711	0,661	182	11:40:52	2,682	0,62	844	11:41:58	2,703	0,598	844	11:43:03	2,708	0,602	844
11:39:48	2,705	0,604	182	11:40:53	2,684	0,548	844	11:41:59	2,693	0,598	844	11:43:04	2,713	0,604	844
11:39:49	2,697	0,662	182	11:40:54	2,682	0,621	844	11:42:00	2,679	0,584	844	11:43:05	2,717	0,595	844
11:39:50	2,695	0,598	182	11:40:55	2,682	0,537	844	11:42:01	2,685	0,6	844	11:43:06	2,721	0,601	844
11:39:51	2,694	0,658	182	11:40:56	2,681	0,621	844	11:42:02	2,677	0,596	844	11:43:07	2,721	0,603	844
11:39:52	2,689	0,622	182	11:40:57	2,684	0,579	844	11:42:03	2,688	0,598	844	11:43:08	2,724	0,6	844
11:39:53	2,676	0,657	182	11:40:58	2,68	0,62	844	11:42:04	2,685	0,556	844	11:43:09	2,731	0,605	844
11:39:54	2,682	0,653	182	11:40:59	2,683	0,585	844	11:42:05	2,685	0,597	844	11:43:10	2,73	0,58	844
11:39:55	2,669	0,653	182	11:41:00	2,681	0,62	844	11:42:06	2,688	0,519	844	11:43:11	2,737	0,607	844
11:39:56	2,666	0,646	182	11:41:01	2,678	0,616	844	11:42:07	2,688	0,595	844	11:43:12	2,734	0,574	844
11:39:57	2,656	0,648	182	11:41:02	2,67	0,617	844	11:42:08	2,674	0,548	844	11:43:13	2,739	0,608	844
11:39:58	2,662	0,648	182	11:41:03	2,672	0,619	844	11:42:09	2,656	0,599	844	11:43:14	2,753	0,552	844
11:39:59	2,66	0,64	182	11:41:04	2,671	0,602	844	11:42:10	2,653	0,575	844	11:43:15	2,76	0,607	844
11:40:00	2,67	0,646	844	11:41:05	2,681	0,62	844	11:42:11	2,652	0,591	844	11:43:16	2,773	0,569	844
11:40:01	2,671	0,632	844	11:41:06	2,678	0,613	844	11:42:12	2,653	0,599	844	11:43:17	2,772	0,606	844
11:40:02	2,677	0,642	844	11:41:07	2,69	0,618	844	11:42:13	2,652	0,583	844	11:43:18	2,782	0,576	844
11:40:03	2,675	0,58	844	11:41:08	2,683	0,602	844	11:42:14	2,656	0,598	844	11:43:19	2,779	0,607	844
11:40:04	2,674	0,639	844	11:41:09	2,686	0,619	844	11:42:15	2,648	0,591	844	11:43:21	2,786	0,568	844
11:40:05	2,673	0,603	844	11:41:10	2,67	0,586	844	11:42:16	2,658	0,598	844	11:43:22	2,784	0,607	844
11:40:06	2,666	0,637	844	11:41:11	2,655	0,621	844	11:42:17	2,646	0,52	844	11:43:23	2,788	0,577	844
11:40:07	2,677	0,635	844	11:41:12	2,666	0,548	844	11:42:18	2,651	0,599	844	11:43:24	2,788	0,609	844
11:40:08	2,674	0,618	844	11:41:14	2,661	0,62	844	11:42:19	2,648	0,544	844	11:43:25	2,787	0,571	844
11:40:09	2,676	0,633	844	11:41:15	2,657	0,56	844	11:42:20	2,656	0,598	844	11:43:26	2,697	0,605	844
11:40:10	2,666	0,614	844	11:41:16	2,65	0,62	844	11:42:21	2,654	0,594	844	11:43:27	2,432	0,548	844
11:40:11	2,674	0,63	844	11:41:17	2,655	0,578	844	11:42:22	2,657	0,598	844	11:43:28	2,207	0,592	844
11:40:12	2,672	0,611	844	11:41:18	2,645	0,62	844	11:42:23	2,655	0,597	844	11:43:29	2,013	0,554	844
11:40:13	2,673	0,628	844	11:41:19	2,654	0,569	844	11:42:24	2,64	0,583	844	11:43:30	1,58	0,568	844
11:40:14	2,669	0,572	844	11:41:20	2,672	0,618	844	11:42:25	2,61	0,603	844	11:43:31	1,231	0,539	844
11:40:15	2,672	0,627	844	11:41:21	2,679	0,58	844	11:42:26	2,603	0,591	844	11:43:32	1,14	0,541	844
11:40:16	2,67	0,571	844	11:41:22	2,687	0,617	844	11:42:27	2,617	0,602	844	11:43:33	1,092	0,515	844
11:40:17	2,658	0,627	844	11:41:23	2,689	0,559	844	11:42:28	2,606	0,592	844	11:43:34	1,026	0,539	844
11:40:18	2,656	0,576	844	11:41:24	2,688	0,616	844	11:42:29	2,612	0,601	844	11:43:35	1,022	0,538	844
11:40:19	2,653	0,626	844	11:41:25	2,697	0,566	844	11:42:30	2,617	0,521	844	11:43:36	1,013	0,536	844
11:40:20	2,661	0,589	844	11:41:26	2,698	0,615	844	11:42:31	2,629	0,6	844	11:43:37	1,031	0,54	844
11:40:21	2,662	0,622	844	11:41:27	2,703	0,547	844	11:42:32	2,642	0,536	844	11:43:38	1,022	0,54	844
11:40:22	2,663	0,623	844	11:41:28	2,706	0,611	844	11:42:33	2,642	0,536	844				
11:40:23	2,651	0,619	844	11:41:29	2,698	0,56	844	11:42:34	2,636	0,544	844				
11:40:24	2,653	0,623	844	11:41:30	2,699	0,613	844	11:42:35	2,651	0,6	844				
11:40:25	2,654	0,609	844	11:41:31	2,704	0,533	844	11:42:36	2,646	0,558	844				
11:40:26	2,657	0,623	844	11:41:32	2,704	0,533	844	11:42:37	2,649	0,6	844				
11:40:27	2,648	0,616	844	11:41:33	2,642	0,536	844	11:42:38	2,653	0,564	844				
11:40:28	2,659	0,622	844	11:41:34	2,715	0,608	844	11:42:39	2,653	0,6	844				
11:40:29	2,656	0,621	844	11:41:35	2,708	0,548	844	11:42:40	2,654	0,551	844				
11:40:30	2,668	0,622	844	11:41:36	2,707	0,609	844	11:42:41	2,653	0,6	844				
11:40:31	2,669	0,561	844	11:41:37	2,704	0,556	844	11:42:42	2,652	0,557	844				
11:40:32	2,671	0,621	844	11:41:38	2,706	0,609	844	11:42:43	2,652	0,602	844				
11:40:33	2,673	0,544	844	11:41:39	2,711	0,544	844	11:42:44	2,635	0,53	844				
11:40:34	2,671	0,619	844	11:41:40	2,7	0,609	844	11:42:45	2,633	0,604	844				
11:40:35	2,664	0,552	844	11:41:41	2,683	0,552	844	11:42:46	2,639	0,526	844				
11:40:36	2,659	0,622	844	11:41:42	2,683	0,609	844	11:42:47	2,636	0,605	844				
11:40:37	2,663	0,557	844	11:41:43	2,692	0,56	844	11:42:48	2,64	0,525	844				
11:40:38	2,665	0,623	844	11:41:44	2,696	0,607	844	11:42:49	2,642	0,605	844				
11:40:39	2,664	0,605	844	11:41:45	2,705	0,55	844	11:42:50	2,66	0,562	844				
11:40:40	2,676	0,623	844	11:41:46	2,701	0,606	844	11:42:51	2,651	0,604	844				
11:40:41	2,67	0,606	844	11:41:47	2,706	0,557	844	11:42:52	2,651	0,529	844				
11:40:42	2,674	0,624	844	11:41:48	2,709	0,603	844	11:42:53	2,656	0,605	844				
11:40:43	2,663	0,609	844	11:41:49	2,706	0,539	844	11:42:54	2,655	0,549	844				
11:40:44	2,674	0,623	844	11:41:50	2,695	0,605	844	11:42:55	2,653	0,606	844				

Figura 7.21: 27 de noviembre 2021

Hora	I1[mA]	I2[mA]	t	Irr	Hora	I1[mA]	I2[mA]	t	Irr	Hora	I1[mA]	I2[mA]	t	Irr	Hora	I1[mA]	I2[mA]	t	Irr	Hora	I1[mA]	I2[mA]	t	Irr
2:08:08	769	3868	39	692	2:18:58	578	800	31	154	2:29:49	388	565	25	155	2:40:39	766	901	24	167	2:51:29	340	436	24	83
2:08:18	696	3864	39	692	2:19:08	555	750	31	154	2:29:59	419	558	25	155	2:40:49	767	914	24	167	2:51:39	300	432	24	83
2:08:28	779	3818	38	692	2:19:18	519	752	30	154	2:30:09	382	554	25	111	2:40:59	767	856	24	167	2:51:49	340	431	24	83
2:08:38	789	3879	38	692	2:19:28	569	762	30	154	2:30:19	417	550	25	111	2:41:09	717	939	24	167	2:51:59	337	426	24	83
2:08:48	738	3887	38	692	2:19:38	573	776	30	154	2:30:29	410	542	25	111	2:41:19	764	952	24	167	2:52:09	334	395	24	83
2:08:58	728	3895	38	692	2:19:48	578	761	30	154	2:30:39	409	494	24	111	2:41:29	757	960	24	167	2:52:19	332	415	24	83
2:09:08	815	3900	38	692	2:19:58	581	826	30	154	2:30:49	405	527	24	111	2:41:39	749	969	24	167	2:52:29	329	366	24	83
2:09:18	821	3916	38	692	2:20:08	590	796	29	136	2:30:59	401	522	24	111	2:41:49	744	981	24	167	2:52:39	293	402	24	83
2:09:28	832	3931	38	692	2:20:18	589	851	29	136	2:31:09	395	482	24	111	2:41:59	743	921	24	167	2:52:49	326	401	23	83
2:09:38	840	3954	38	692	2:20:28	600	843	29	136	2:31:19	358	544	24	111	2:42:09	736	1017	25	167	2:52:59	328	398	23	83
2:09:48	847	3992	39	692	2:20:38	574	834	28	136	2:31:29	376	505	24	111	2:42:19	736	1057	25	167	2:53:09	327	363	23	83
2:09:58	991	4425	39	692	2:20:48	603	810	28	136	2:31:39	363	452	24	111	2:42:29	738	1071	25	167	2:53:19	295	392	23	83
2:10:08	1367	4117	39	717	2:20:58	603	819	28	136	2:31:49	354	426	24	111	2:42:39	778	981	25	167	2:53:29	328	392	23	83
2:10:18	1397	4499	39	717	2:21:08	597	782	28	136	2:31:59	309	412	24	111	2:42:49	841	921	25	167	2:53:39	327	391	23	83
2:10:28	1401	4467	39	717	2:21:18	607	789	28	136	2:32:09	341	405	24	111	2:42:59	853	1017	25	167	2:53:49	328	390	23	83
2:10:38	1271	4421	38	717	2:21:28	555	784	28	136	2:32:19	337	372	24	111	2:43:09	802	1057	25	167	2:53:59	329	388	23	83
2:10:48	1388	4387	38	717	2:21:38	603	769	28	136	2:32:29	301	393	24	111	2:43:19	745	1071	25	167	2:54:09	330	361	23	83
2:10:58	1213	4512	38	717	2:21:48	594	774	28	136	2:32:39	300	387	24	111	2:43:29	718	903	25	167	2:54:19	330	386	23	83
2:11:08	1384	4492	38	717	2:21:58	592	728	28	136	2:32:49	326	343	24	111	2:43:39	725	919	25	167	2:54:29	298	382	23	83
2:11:18	1344	4476	38	717	2:22:08	526	764	28	136	2:32:59	323	380	24	111	2:43:49	703	898	25	167	2:54:39	329	383	23	83
2:11:28	1369	4460	39	717	2:22:18	517	765	28	136	2:33:09	296	376	24	111	2:43:59	628	847	25	167	2:54:49	327	381	23	83
2:11:38	1364	4447	39	717	2:22:28	532	766	28	136	2:33:19	320	374	24	111	2:44:09	679	832	25	167	2:54:59	325	376	23	83
2:11:48	1335	4435	39	717	2:22:38	521	778	28	136	2:33:29	319	374	24	111	2:44:19	652	903	25	167	2:55:09	327	379	23	76
2:11:58	1216	4416	39	717	2:22:48	582	805	28	136	2:33:39	320	346	24	111	2:44:29	579	919	25	167	2:55:19	327	378	23	76
2:12:08	1230	4402	39	717	2:22:58	588	787	27	136	2:33:49	321	375	23	111	2:44:39	640	898	25	167	2:55:29	329	353	23	76
2:12:18	1314	4381	40	717	2:23:08	540	889	27	136	2:33:59	287	375	23	111	2:44:49	631	847	25	167	2:55:40	329	378	23	76
2:12:28	1336	4365	40	717	2:23:18	560	984	27	136	2:34:09	318	379	23	111	2:44:59	623	832	25	167	2:55:50	329	376	23	76
2:12:38	1337	4352	40	717	2:23:28	594	778	27	136	2:34:19	329	382	23	111	2:45:09	567	813	25	140	2:56:00	330	376	23	76
2:12:48	1304	4487	41	717	2:23:38	571	805	27	136	2:34:29	332	361	23	111	2:45:19	607	799	25	140	2:56:10	332	378	23	76
2:12:58	1304	4487	41	717	2:23:48	632	787	27	136	2:34:39	333	360	23	111	2:45:29	597	787	25	140	2:56:20	333	340	23	76
2:13:08	1321	4456	40	717	2:23:58	577	889	27	136	2:34:49	336	394	23	111	2:45:39	590	778	25	140	2:56:30	335	381	23	76
2:13:18	1313	4429	40	717	2:24:09	655	984	27	136	2:34:59	303	403	23	111	2:45:49	542	777	25	140	2:56:40	304	380	23	76
2:13:28	1291	4409	40	717	2:24:19	670	1052	27	136	2:35:09	342	411	23	104	2:45:59	576	775	25	140	2:56:50	337	382	23	76
2:13:38	1296	4393	40	717	2:24:29	695	970	27	136	2:35:19	314	418	23	104	2:46:09	562	763	25	140	2:57:00	336	348	23	76
2:13:48	1165	4376	40	717	2:24:39	695	979	27	136	2:35:29	349	428	23	104	2:46:19	555	741	25	140	2:57:10	325	380	23	76
2:13:58	1272	4359	40	717	2:24:49	647	954	27	136	2:35:39	357	407	23	104	2:46:29	490	716	25	140	2:57:20	333	380	23	76
2:14:08	1261	4351	40	717	2:24:59	621	935	27	136	2:35:49	364	417	23	104	2:46:39	529	696	25	140	2:57:30	335	380	23	76
2:14:18	1254	4345	40	717	2:25:09	562	954	27	155	2:35:59	374	433	23	104	2:46:49	517	641	25	140	2:57:40	333	379	23	76
2:14:28	1223	4341	40	717	2:25:19	547	1052	27	155	2:36:09	381	478	23	104	2:46:59	444	661	25	140	2:57:50	332	380	23	76
2:14:38	1222	4335	39	717	2:25:29	539	970	27	155	2:36:19	398	455	23	104	2:47:09	495	662	25	140	2:58:00	334	380	23	76
2:14:48	1122	4090	39	717	2:25:39	528	979	26	155	2:36:29	413	503	23	104	2:47:19	482	659	25	140	2:58:10	335	381	23	76
2:14:58	780	2889	38	717	2:25:49	524	954	26	155	2:36:39	431	490	23	104	2:47:29	434	649	25	140	2:58:20	335	382	23	76
2:15:08	685	1032	38	154	2:25:59	462	935	26	155	2:36:49	446	540	23	104	2:47:39	430	643	25	140	2:58:30	335	383	23	76
2:15:18	673	954	37	154	2:26:09	511	926	26	155	2:36:59	465	506	23	104	2:47:49	457	632	25	140	2:58:40	335	357	23	76
2:15:28	645	965	37	154	2:26:19	514	928	26	155	2:37:09	486	576	23	104	2:47:59	450	598	25	140	2:58:50	306	384	23	76
2:15:38	665	953	36	154	2:26:29	478	933	26	155	2:37:19	508	556	23	104	2:48:09	441	606	25	140	2:59:00	313	387	23	76
2:15:48	619	944	36	154	2:26:39	508	930	26	155	2:37:29	528	615	23	104	2:48:19	409	574	25	140	2:59:10	336	387	23	76
2:15:58	662	942	35	154	2:26:49	513	900	26	155	2:37:39	550	633	23	104	2:48:29	394	585	24	140	2:59:20	339	386	23	76
2:16:08	633	938	35	154	2:26:59	525	1042	26	155	2:37:49	569	617	23	104	2:48:39	378	577	24	140	2:59:30	307	380	23	76
2:16:18	662	864	35	154	2:27:09	494	901	26	155	2:37:59	585	662	23	104	2:48:49	374	539	24	140	2:59:40	340	384	23	76
2:16:28	616	907	35	154	2:27:19	455	794	26	155	2:38:09	604	661	23	104	2:48:59	405	553	24	140	2:59:50	344	353	23	76
2:16:38	618	892	34	154	2:27:29	479	766	26	155	2:38:19	612	693	23	104	2:49:09	364	537	24	140					
2:16:48	651	880	34	154	2:27:39	456	718	26	155	2:38:29	641	715	23	104	2:49:19	393	526	24	140					
2:16:58	655	850	33	154	2:27:49	467	708	25	155	2:38:39	656	734	23	104	2:49:29	385	514	24	140					
2:17:08	643	859	33	154	2:27:59	469	686	25	155	2:38:49	667	746	23	104	2:49:39	378	466	24	140					
2:17:18	631	846	32																					