



# PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA GRANJA SOLAR SOL DE INIRIDA DE 2.25 MVA

**JEAN CARLOS TORRADO TORRES**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA  
PAMPLONA – NORTE DE SANTANDER  
2021**

DQS is member of:



*Formando líderes para la construcción de un  
nuevo país en paz*



# PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA GRANJA SOLAR SOL DE INIRIDA DE 2.25 MVA

**JEAN CARLOS TORRADO TORRES**

**Trabajo de grado presentado para optar por el título de INGENIERO  
ELECTRICO**

**Jean.torrado@unipamplona.edu.co**

**Director: LUIS DAVID PABON FERNANDEZ**

**MSc. En Ingeniería**

**David.pabon@unipamplona.edu.co**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICAS  
PAMPLONA – NORTE DE SANTANDER  
2021**

DQS is member of:



*Formando líderes para la construcción de un  
nuevo país en paz*



## DEDICATORIA

Dedicado a Dios, a mis padres, María Elba Torres y Luis Antonio Torrado, dos seres llenos de amor, fe, confianza y mi mayor orgullo, quienes hicieron posible mediante su sacrificio diario que este sueño de ser profesional se hiciera realidad, brindando su apoyo incondicional junto a mi hermana Daniela Alejandra Torrado y Tonny, quienes estuvieron presentes siempre en mi mente en cada logro y esos días oscuros, son ese rayo de luz que me llenan de esperanza y fortaleza para seguir adelante y tomar fuerza para no dejar de perseguir mis sueños, a Julvier Galeano y Yeiner Pallares por darle sentido a la palabra amistad y estar en este proceso de formación brindando su apoyo y compañía, a mis familiares, compañeros y a todos que de una u otra forma brindaron un pequeño aporte en este proceso, mil gracias.

DQS is member of:





## AGRADECIMIENTOS

A Luis David Pabón por su disposición, colaboración y empatía en la dirección de este trabajo de grado.

A la Universidad de Pamplona, su cuerpo de docentes de la facultad de ingeniería y el programa de ingeniería eléctrica que a través de cada asignatura contribuyeron en la formación de este proyecto de vida.

A la empresa SOL DE INIRIDA SAS ESP por su confianza y brindarme la oportunidad y apoyo en la realización de este proyecto.

A Juan Carlos Guzmán Celis y Jorge Ortiz por su apoyo, amistad, consejos diarios y confianza que me han brindado al ser parte de esta empresa.

A Julvier Galeano y Yeiner Pallares por sus aportes en este proceso de formación.



## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN .....	13
JUSTIFICACIÓN .....	14
OBJETIVOS .....	15
OBJETIVO GENERAL .....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
MARCO TEORICO.....	16
El sol como una fuente de energía .....	16
La radiación solar sobre el plano terrestre .....	17
Elementos de medición de incidencia solar .....	18
Transformación de la energía, solar-fotovoltaica.....	18
Efecto fotovoltaico.....	19
Paneles solares fotovoltaicos.....	19
Panel de silicio monocristalino .....	20
Panel de silicio policristalino .....	21
Partes de un panel solar.....	22
IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO .....	24
TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	25
Mantenimiento Predictivo.....	25
Mantenimiento Preventivo .....	25
Mantenimiento correctivo .....	26
RESEÑA HISTORICA.....	28



Evolución de la energía solar fotovoltaica .....	28
Evolución de la energía solar fotovoltaica en Colombia.....	29
Radiación solar en Inírida-Guainía .....	31
DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....	32
Mapa general.....	32
Localidad.....	32
Situación.....	33
Emplazamiento.....	34
Logotipo .....	35
Organigrama.....	36
METODOLOGIA DEL PROYECTO .....	37
ANALISIS DEL ESTADO ACTUAL DE MANTENIMIENTO.....	38
ANALISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS AREAS DE TRABAJO.....	40
Almacén .....	40
Área administrativa: .....	40
DISEÑO Y DISTRIBUCION DE LA PLANTA.....	41
Módulos solares .....	41
Inversor .....	42
Transformador de potencia .....	44
Distribución de la planta .....	45
FORMATOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DE MANTENIMIENTO .....	49
CAPITULO 1: INVENTARIO GENERAL.....	50
CAPITULO 2: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL AÑO .....	51
CAPITULO 3: FICHAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	55
FICHA DE OPERACIÓN .....	55



Mantenimiento preventivo del equipo correspondiente.....	55
Información preliminar.....	55
Descripción de actividades y procedimientos.....	56
Materiales y herramientas.....	57
Procedimiento en caso de falla.....	58
Seguridad en el trabajo.....	59
FICHAS DE MANTENIMIENTO.....	61
Ficha de mantenimiento general.....	61
Ficha de protocolo de almacén.....	63
Ficha de mantenimiento del inversor centralizado.....	64
Ficha de mantenimiento de paneles solares.....	65
Ficha de mantenimiento del transformador y cuarto de seccionamiento.....	66
CAPITULO 4: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL AÑO 2022.....	67
Distribución de actividades mensuales.....	69
Distribución de actividades de acuerdo al cargo del operador.....	69
Actividades desarrolladas por el supervisor de operación y mantenimiento.....	70
Actividades desarrolladas por el técnico de operación y mantenimiento.....	70
Actividades desarrolladas por el supervisor y técnico de operación y mantenimiento...	71
Actividades desarrolladas por especialista del área.....	71
Actividades desarrolladas por contratistas.....	72
CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	76



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Protocolo preliminar .....	55
Tabla 2: Manual de apoyo .....	56
Tabla 3: Descripción de cada actividad .....	57
Tabla 4: Materiales y herramientas.....	58
Tabla 5: Contactos de supervisores de O&M .....	58
Tabla 6: Matriz de riesgo laboral .....	60
Tabla 7: Matriz de riesgo ambiental .....	60
Tabla 8: Actividades de mantenimiento anuales .....	54

DQS is member of:



## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Núcleo del Sol	16
Ilustración 2: Radiación solar	17
Ilustración 3: Piranómetros	18
Ilustración 4: Efecto fotovoltaico	19
Ilustración 5: Fabricación del panel monocristalino	20
Ilustración 6: Panel monocristalino	21
Ilustración 7: Fabricación del panel policristalino	21
Ilustración 8: Panel policristalino	22
Ilustración 9: Partes de un panel solar	23
Ilustración 10: Niveles de irradiancia en Colombia	30
Ilustración 11: Irradiancia promedio en Inírida-Guainía	31
Ilustración 12: Mapa general de Colombia	32
Ilustración 13: Mapa departamento del Guainía	33
Ilustración 14: Relieve de Inírida-Guainía	34
Ilustración 15: Ubicación de la granja solar	34
Ilustración 16: Logotipo de la empresa SOL DE INIRIDA SAS ESP	35
Ilustración 17: Organigrama	36
Ilustración 18: Características de los paneles solares	41
Ilustración 19: Estructura de soporte de los paneles	42
Ilustración 20: Gabinete del inversor	43
Ilustración 21: Hoja característica del inversor	44
Ilustración 22: Hoja característica del transformador de potencia	45
Ilustración 23: Centro de monitoreo de Seccionamiento.	46
Ilustración 24: Interfaz de monitoreo de la demanda	47



Ilustración 25: Interfaz de monitoreo del inversor	47
Ilustración 26: Interfaz de monitoreo de los motores DIESEL	48
Ilustración 27: Distribución de la granja solar	48
Ilustración 28: Ficha de mantenimiento	62
Ilustración 29: Ficha de almacén	63
Ilustración 30: Ficha de hoja de vida del inversor	64
Ilustración 31: Ficha de hoja de vida de los paneles solares	65
Ilustración 32: Ficha de hoja de vida del transformador y cuarto de seccionamiento	66
Ilustración 33: Cronograma del primer semestre 2022	67
Ilustración 34: Cronograma del segundo semestre 2022	68
Ilustración 35: Distribución de actividades mensuales del año 2022	69
Ilustración 36: Distribución de actividades del supervisor de O&M	70
Ilustración 37: Distribución de actividades del técnico de O&M	70
Ilustración 38: Distribución de actividades del supervisor y técnico de O&M	71
Ilustración 39: Distribución de actividades de un especialista en O&M	72
Ilustración 40: Distribución de actividades de contratistas de O&M	72



## PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA GRANJA SOLAR SOL DE INIRIDA DE 2.25 MVA Jean Carlos Torrado Torres

### RESUMEN

El plan de operación y mantenimiento de la granja solar de 2.25 MVA SOL DE INÍRIDA implementa diferentes estrategias para optimizar la operación y fluidez de la información, actualmente no cuenta con un adecuado sistema de control donde se registre la información de equipos existentes, intervenciones realizadas e incluso una programación fija de las labores de mantenimiento preventivo a realizar, en este proyecto para la empresa SOL DE INÍRIDA SAS ESP se da como primer paso realizar una adecuación de estanterías y un registro de inventario detallado de los equipos existentes en bodega con el objetivo de saber con qué componentes contamos para estar preparados ante cualquier eventualidad, posteriormente se detalló equipo por equipo en la cuestión de fallas que se presentaron y como fueron atendidas por medio de los técnicos de operación, en esta etapa se encontraron falencias en cuanto a los procedimientos realizados y la forma de proceder en los registros de la información y almacenamientos de equipos en falla, estas acciones se empezaran a corregir con la implementación de las fichas de operación previamente validadas y aprobadas por el gerente de la empresa y el ingeniero de O&M, donde se debe lleva un estricto, riguroso y obligatorio protocolo para la ejecución de cada actividad y posteriormente un levantamiento de informe y llenado de la ficha de mantenimiento donde se registra los resultados de la actividad, observaciones y programación de la próxima intervención, y por último el diseño de un cronograma de las actividades que se deben realizar anualmente con fechas preestablecidas de acuerdo a la periodicidad demandada por los

fabricantes para el adecuado funcionamiento de los dispositivos, donde se detalla el personal que lo debe realizar, ya sea técnico, supervisor, contratista u especialistas en el área de trabajo.

### **Abstract**

The operation and maintenance plan of the 2.25 MVA solar farm SOL DE INÍRIDA implements different strategies to optimize the operation and flow of information, currently it does not have an adequate control system where the information of existing equipment, interventions carried out and including a fixed schedule of preventive maintenance work to be carried out, in this project for the company SOL DE INÍRIDA SAS ESP, the first step is to carry out an adaptation of shelves and a detailed inventory record of the existing equipment in the warehouse with the aim of Know what components we have to be prepared for any eventuality, subsequently, equipment by equipment is detailed in the matter of failures that occurred and how they were attended by the operation technicians, at this stage, shortcomings were found in terms of the procedures carried out. and the way to proceed in the records of the information and storage. ents of equipment in failure, these actions will begin to be corrected with the implementation of the operation sheets previously validated and approved by the company manager and the O&M engineer, where a strict, rigorous and mandatory protocol for the execution must be kept. of each activity and subsequently a report and filling in the maintenance file where the results of the activity, observations and scheduling of the next intervention are recorded, and finally the design of a schedule of the activities that must be carried out annually with Pre-established dates according to the frequency demanded by the manufacturers for the proper functioning of the devices, where the personnel who must perform it are detailed, be they technicians, supervisors, contractors or specialists in the work area.

## INTRODUCCIÓN

Para Seeley (1976), el mantenimiento es definido como: "la labor realizada a fin de mantener, restaurar o mejorar todas las partes de un edificio, sus servicios y sus alrededores, a un nivel aceptable en la actualidad, además para mantener la utilidad y el valor de la construcción. El mantenimiento es definió como la combinación de todas las acciones técnicas y de administración, incluyendo las acciones de supervisión, la intención de conservar un elemento, o restaurarlo a un estado en el que se puede realizar una función determinada." (BSI, 1991) [1]

La empresa SOL DE INIRIDA SAS ESP se dedica a la generación de energía limpia y renovable que abastece hasta en un 20% la demanda de la ciudad de Inírida en el Guainía, actualmente lleva un año y medio en operación, donde en el transcurso de este periodo se han presentado inconsistencias en su modo de operación que vienen repercutiendo en los procesos de reposiciones de garantías y manejo de equipos, por consiguiente se busca implementar estrategias que logren corregir estas falencias y promover el orden y responsabilidad en su equipo de trabajo técnico.

El plan de mantenimiento se diseña y se implementa con el objetivo de lograr optimizar la eficiencia de operación, aumentar la vida útil de los equipos y laborar en un entorno seguro donde se cumpla con todos los protocolos de seguridad y así de esta manera garantizar un adecuado plan de trabajo donde la comunicación entre gerencia y equipó técnico puedan entenderse adecuadamente.



## JUSTIFICACIÓN

El no llevar una adecuada organización en el manejo de la información ocasiona deficiencias en el rendimiento operacional de informes y mantenimientos, por esta razón este proyecto consta de implementar un plan de mantenimiento para un año, por consiguiente se implementa la realización de una serie de fichas de operación en donde se tendrán en cuenta los siguientes aspectos: primero, el cumplimiento de la utilización de los equipos de protección personal, segundo, la disposición de equipos necesarios para desarrollar adecuadamente las actividades, y tercero, un diagnóstico de riesgo laboral y ambiental, estas fichas serán ejecutadas en la realización de cada actividad referente al inversor, paneles y transformadores de potencia.

Adicionalmente se desarrolla un inventario general el cual es de suma importancia para constatar con certeza de la existencia de herramientas, repuestos y consumibles disponibles en bodega para la realización de cada actividad de mantenimiento.

Para finalizar se realiza un informe semanal de las actividades que se desarrollaron y un informe mensual el cual comprende un análisis técnico que comprende la generación día a día, fallas y las causas de fallas, tiempos fuera de operación y así programar alternativas para mitigar estos eventos y que el funcionamiento de la planta sea lo más optimo posible en el transcurso del plan de mantenimiento anual a diseñar.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un plan de operación y mantenimiento el cual optimice el funcionamiento de la granja solar “Sol De Inírida” de manera continua, segura y eficiente, así aumentando la vida útil de los equipos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un inventario de equipos de la granja solar Sol De Inírida.
- Identificar los equipos principales que demandan mayor necesidad de mantenimiento.
- Realizar fichas de operación para el manejo y mantenimiento del inversor centralizado y transformadores de potencia.
- Establecer un plan de operación y mantenimiento periódico para la realización de las actividades durante el transcurso de 1 año.

## MARCO TEORICO

### El sol como una fuente de energía

Este astro se encuentra compuesto de diferentes gases, pero principalmente por hidrogeno, su diámetro es de 1´400.000 de kilómetros, presentando en su interior una alta presión y una emisión de calor de millones de grados de manera constante; se calcula que el sol lleva emitiendo esta energía durante 6000 millones de años y se cree que este aún puede mantenerse por unos 8000 años más dado a su gran cantidad de hidrogeno presente en su núcleo. [2]

Dada la distancia entre el sol y la tierra de aproximadamente 150 millones de kilómetros se presenta una pérdida de energía en el trayecto, pero aun así actualmente se obtiene una captación de energía cercana a los 173.000 TW, cantidad más que suficiente para lograr cubrir en unas 10.000 ocasiones toda la demanda energética del planeta. [3]

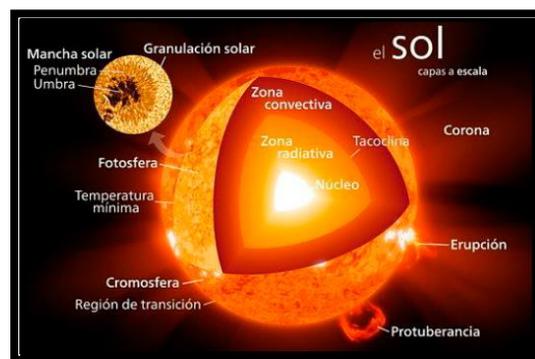


Ilustración 1: Núcleo del Sol

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f6/Afiche\\_del\\_sol.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f6/Afiche_del_sol.svg)

## La radiación solar sobre el plano terrestre

la cantidad de radiación que llega a la superficie terrestre al atravesar la atmosfera terrestre, esto se debe a la presencia de los fenómenos como la reflexión y difusión, esto mediante la incidencia en los gases del vapor de agua, otras partículas, el grosor del aire, ubicación geográfica donde ocurre la incidencia, estaciones del año, entre otros fenómenos que reducen la cantidad de energía que llega a la superficie terrestre; esta energía es conocida como radiación, donde se categoriza de dos maneras, primero encontramos la radiación directa que traspasa la atmosfera terrestre sin presentar permutaciones, y la radiación dispersa o difusa que presenta cambios al momento de atravesar la atmosfera; en conclusión el promedio de radiación que llega a la superficie terrestre de aproximadamente  $900 \text{ w/m}^2$  la cual no es contante y esta depende de la hora, ubicación geográfica, climatología del lugar. [4]

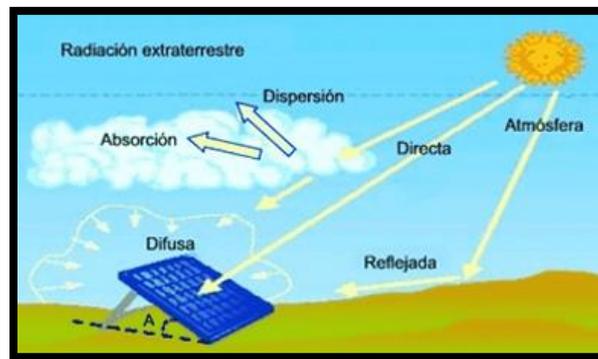


Ilustración 2: Radiación solar

Fuente: <https://www.google.es/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Ftiempo-y-clima%2Fla-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera&psig=AOvVaw3015PIDRi8m5pFBhJBtKpL&ust=1638647984717000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCNiZu821yPQCFQAAAAAdAAAAABAD>

## Elementos de medición de incidencia solar

Existen tres equipos que permiten la medición de las propiedades de incidencia de la luz solar sobre la superficie terrestre, los piranómetros son unos dispositivos que permiten medir las magnitudes de la radiación global; los pirheliómetros permiten medir la radiación directa los además tenemos los heliógrafos que realizan una medición de la insolación. [5]



*Ilustración 3: Piranómetros*

Fuente: Autor

## Transformación de la energía, solar-fotovoltaica

Para la conversión de la energía solar en eléctrica se implementan dos métodos, el primero es mediante el efecto termoeléctrico y el segundo es el efecto fotoeléctrico, en este caso nos enfocamos en el fotoeléctrico, este consiste en el desplazamiento de fotones que es aprovechado para la producción de energía eléctrica; este método presenta la generación fotoemisiva, fotogalvánica y fotovoltaica, pero actualmente la más utilizada es la tercera alternativa. [6]

## Efecto fotovoltaico

Consiste en la generación de una fuerza electromotriz mediante un material semiconductor, este absorbe la radiación y dicho componente permite una conducción intermedia de un aislante a un conductor, estos elementos pueden ser el silicio, arseniuro de galio, el sulfuro de cadmio, el germanio, entre otros; los cuales son dopados en pequeñas cantidades para alterar su composición y reducir su resistividad, partiendo de esto podemos concluir que el efecto fotovoltaico y los diodos comparten el mismo principio de funcionamiento.[6]

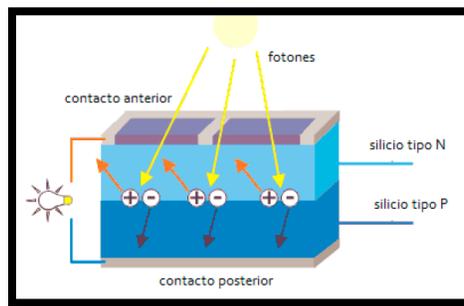


Ilustración 4: Efecto fotovoltaico

Fuente: [https://lh3.googleusercontent.com/proxy/YBaQk3ahQeNUffrO-TPOhSDIBJeQGtC1y-kPKntVy\\_aEL4\\_CogiDBIY\\_D9uRyQEZ8zA3AJY3rQJw315DhixFhy5WYEZz3397r\\_UnmmorGOzDujl-ExLjjSp38ZZovJTP7\\_Sbg](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/YBaQk3ahQeNUffrO-TPOhSDIBJeQGtC1y-kPKntVy_aEL4_CogiDBIY_D9uRyQEZ8zA3AJY3rQJw315DhixFhy5WYEZz3397r_UnmmorGOzDujl-ExLjjSp38ZZovJTP7_Sbg)

## Paneles solares fotovoltaicos

Estos dispositivos son los encargados de realizar la labor de transmutar la irradiación solar en energía eléctrica y todo esto mediante el método del efecto fotovoltaico, dado que un panel se encuentra hecho de celular policristalinas o monocristalinas, dichas células se encuentran compuestas por un mineral llamado silicio el cual es el segundo más abundante en la corteza terrestre y de alta ganancia, la eficiencia de un panel depende de la cantidad y pureza del silicio en la célula, por ejemplo para un panel

policristalino se funde en cuadros mientras que en un panel monocristalino se funde en lingotes. [7]

### Panel de silicio monocristalino

Es obtenido mediante un proceso conocido como Czochralski donde se toma una pepita de silicio monocristalino ubicado en una determinada dirección y se incrusta en un crisol, cuando esta pepita entra en contacto con la superficie que se encuentra a una temperatura de fusión de 1420 °C se extrae hacia arriba rotando suavemente sobre la manivela de la barra. [8]

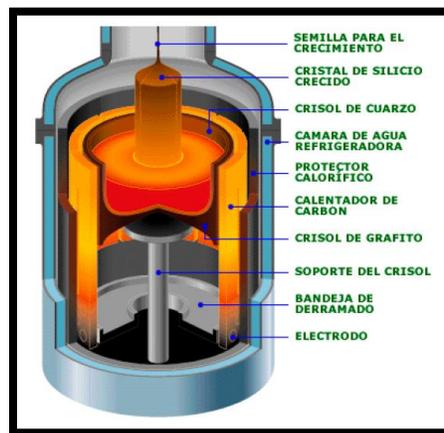


Ilustración 5: Fabricación del panel monocristalino

Fuente: [https://lh3.googleusercontent.com/proxy/BNgbslfONYI\\_eBsmzZVPbM-Q7JuSLIVwUiIVIbDL94HEOaJR092LGSU84S0NqewJRev40GAxouI163By8r4ATyPgUSt1DyyEXmBZZtRdAlfqL0CCxwDTSz3A73hkd-rWq0sedcxoE5aeQ8cC4faPS7jARKGqiw6mTcq38IujCriRMOA](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/BNgbslfONYI_eBsmzZVPbM-Q7JuSLIVwUiIVIbDL94HEOaJR092LGSU84S0NqewJRev40GAxouI163By8r4ATyPgUSt1DyyEXmBZZtRdAlfqL0CCxwDTSz3A73hkd-rWq0sedcxoE5aeQ8cC4faPS7jARKGqiw6mTcq38IujCriRMOA)

Los paneles monocristalinos son reconocidos a simple vista dado que la superficie es uniforme y cuando son expuestos a la luz se comportan como un espejo grisáceo, su eficacia se encuentra en un rango de entre 18% y 22%. [9]



Ilustración 6: Panel monocrystalino

Fuente: <https://image.made-in-china.com/202f0j10jrlYAWgHgbot/High-Quality-Monocrystalline-Solar-Panel-Price-India-100watt.jpg>

### Panel de silicio policristalino

Estas células se realizan mediante un proceso conocido como fusión en bloques, donde se toma al silicio en vacío y se calienta a una temperatura de 1500 °C, en este proceso es que se da origen a que se formen cristales cuyas orientaciones son diferentes, luego se cortan los bloques con una sierra para así formar lingotes y posteriormente en cuadros. [10]

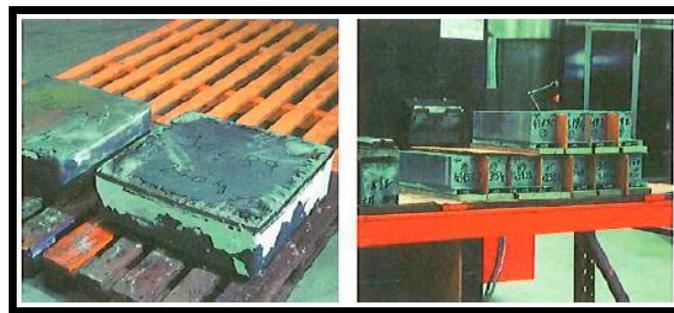


Ilustración 7: Fabricación del panel policristalino

Fuente: [https://lh3.googleusercontent.com/proxy/BNgbslfONYI\\_eBSMzZVPbM-Q7JuSLIVwUiivIbDL94HEOaJR092LGSU84S0NqewJRev40GAxouIl63By8r4ATyPgUSt1DvyEXmBZZtRdAlfqL0CCxwDTsz3A73hkd-rWq0sedcxoE5aeQ8cC4faPS7jARKGqiw6mTcq38IujCriRMOA](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/BNgbslfONYI_eBSMzZVPbM-Q7JuSLIVwUiivIbDL94HEOaJR092LGSU84S0NqewJRev40GAxouIl63By8r4ATyPgUSt1DvyEXmBZZtRdAlfqL0CCxwDTsz3A73hkd-rWq0sedcxoE5aeQ8cC4faPS7jARKGqiw6mTcq38IujCriRMOA)

Estos paneles policristalinos reflejan la luz de forma no uniforme donde se pueden apreciar las imperfecciones del cristal y son de una tonalidad azul, su eficiencia se encuentra en un rango de entre 14% y 17% [9]

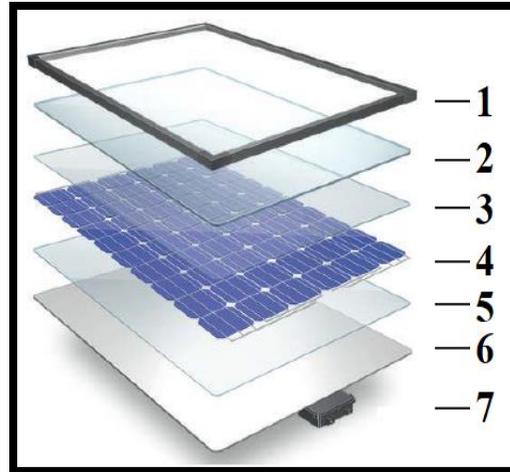


*Ilustración 8: Panel policristalino*

Fuente: <https://energiendaups.com/wp-content/uploads/2021/05/108A-PANEL-SOLAR-POLICRISTALINOS-320W-POWEST.jpg>

### **Partes de un panel solar**

La célula es encapsulada en resina y es colocada en medio de dos laminas para formar el módulo fotovoltaico, se agrega una lámina externa de vidrio y una posterior de un plástico opaco o igualmente vidrio. [11]



*Ilustración 9: Partes de un panel solar*

Fuente: <https://www.inntecsol.mx/wp-content/uploads/2020/03/compo.jpg>

1. Marco:
2. Vidrio frontal:
3. Encapsulante frontal:
4. Celdas solares:
5. Encapsulante trasero:
6. Recubrimiento trasero:
7. Caja de conexiones:

## IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Es de vital importancia comprender que el objetivo de un mantenimiento radica en poder brindar a los equipos una alta disponibilidad y confiabilidad, esto asegura una conservación para largos tiempos de utilización, de tal manera que la producción satisfaga los objetivos de la industria. Para lograr una alta efectividad en el campo del mantenimiento más allá de conocer los 3 tipos de mantenimientos como lo son predictivo, preventivo y correctivo se debe hacer utilización de los siguientes ítems al momento de realizar intervenciones:

1. **Economía:** Esto nos conlleva a realizar un análisis presupuestal de los gastos en operaciones donde se busca efectuar trabajos de calidad a bajo costo.
2. **Recurso Humano:** Hace énfasis al desempeño que brinda el personal de operación en cuanto a su efectividad y cumpla con las expectativas laborales y personales de la industria.
3. **Tecnología:** Factor que nos indica un aumento de la eficiencia que se presenta cuando un sistema se encuentra automatizado y programado para las intervenciones requeridas.

Cuando se lleva a cabo un adecuado sistema de operación y mantenimiento podemos relacionar que un resultado de cero averías viene relacionado de la mano con un buen mantenimiento, lo que nos conlleva a una presencia de cero fallas que nos indica calidad en las intervenciones, donde nos genera cero valores que hacen énfasis a la parte económica y por consiguiente se generan cero retrasos que aseguran una alta disponibilidad de disposición de la producción. [12]

## TIPOS DE MANTENIMIENTO

### Mantenimiento Predictivo

Es una metodología implementada que analiza el funcionamiento de los componentes de un determinado equipo, donde el objetivo es identificar qué elementos vienen presentando variaciones mecánicas, electrónicas o hidráulicas dependiendo del sistema que estemos analizando, pero sin llegar a presentar afectaciones al final del proceso que se esté realizando, por lo general este tipo de táctica se realiza mediante un estudio periódico durante todo un año para conocer más a fondo el modo de operación en el componente y así poder realizar una predicción acertada, para ello se realizan seguimientos en la presión, temperatura, ruidos o vibración entre otros para efectuar el análisis, ya una vez se encuentren establecidos ciertos parámetros y registro del proceso se pueden aplicar tendencias y un histórico de ocurrencias de fallas y averías que pueden ser reducidas con una adecuada intervención. [13]

### Mantenimiento Preventivo

Esta metodología consiste en realizar una programación cuyo objetivo es anticiparse a los posibles riesgos que se puedan presentar durante los tiempos de operación de los equipos, para dar cumplimiento se requiere una organización donde se cumpla estrictamente una serie de actividades que se planifiquen sin afectar el proceso de producción, Antes de realizar cualquier intervención se debe tener claro el momento de la ejecución, que no se requiera la utilización del equipo a intervenir y que se cuente con la herramienta de apoyo requerida, todo esto previamente establecido para no provocar errores en la ejecución y alargar los tiempos estimados que pueden generar pérdidas económicas.

En el mantenimiento preventivo se presentan dos derivados; El primero consiste en inspecciones y sustituciones de las piezas, pueden llegar a presentar un aumento de costos en repuestos, pero aumenta significativamente la vida útil del equipo, el segundo consiste en la limpieza y lubricación, son tareas sencillas pero que a largo plazo son de gran impacto que mejoran la vida útil de los componentes de un sistema.

Dentro de la programación de mantenimientos el más importante es el preventivo, esto porque comprende todo un conjunto de operaciones y revisiones que se ejecutan periódicamente y mantienen el sistema en perfecto estado de operación y reduciendo los fallos los cual optimizan la relación costo/mantenimiento/producción. [14]

### **Mantenimiento correctivo**

Consiste en realizar una intervención directa de un conjunto de actividades cuyo objetivo es corregir una afectación o avería de un equipo instalado y sustituirlo por un nuevo recurso en óptimas condiciones en el menor tiempo posible, el objetivo de este mantenimiento es llevar a cabo las labores de corrección de fallas en tiempos cortos con el fin de reducir riesgos e igualmente debe ser registrado todo el procedimiento realizado mediante un documento de operación y anexar fotografías, esta información proporciona a los operarios un soporte al momento de realizar mantenimientos preventivos.

Este tipo de mantenimientos se realizan de manera aleatoria, lo que puede causar una parada parcial o total de un sector durante su funcionamiento, esto conlleva a que en el momento que el operario detecta la falla no se encuentre preparado con su equipo para entrar en operación en ese mismo instante y esto prolonga los tiempos muertos.



Estas fallas ocurren cuando se excede la utilización de ciertos componentes y no se ejecuta una adecuada planificación de preventivos y predictivos, donde se pueden generar desgastes de uno o más componentes y esto obliga a detener los procesos de producción afectando las ganancias económicas y el estado de la materia que es procesada. [15]

DQS is member of:



## RESEÑA HISTORICA

### Evolución de la energía solar fotovoltaica

1820-1891, un físico francés llamado Alexander Edmond Berequel fue descubridor del efecto fotovoltaico cuando se encontraba apreciando una pila electrolítica compuesta por electrodos de platino y se percató de un aumento de corriente cuando se exponía a la luz solar. [16]

1920, premio nobel de 1921 en física para Albert Einstein por dar a conocer el fenómeno fotovoltaico, dio a conocer como los electrones tienen la capacidad de absorber los fotones y proporcionar de forma lineal y proporcional una frecuencia de luminiscencia. [17]

1954, se crea la primera célula de silicio por los laboratorios Bell la cual ofrecía un rendimiento de hasta el 6%. [17]

1955, comenzaron a mitigar más a fondo el efecto fotovoltaico para ser aplicado en diferentes campos de la industria, buscando nuevas aplicaciones en el ámbito espacial por parte de Norteamérica. [18]

1962, Aparece el primer equipo a gran escala autosustentable mediante el efecto fotovoltaico, la compañía Telstar lanza su primer satélite comercial para telecomunicación y este cuenta con una potencia de 14[W] fotovoltaicos. [18]

1973, una década después se presenta una producción mundial de células fotovoltaicas de hasta 100 [KW] y se lanza el primer satélite por la empresa Skylab con una potencia de 20 [KW] de solo paneles. [18]

1975, Se presenta una leve degradación en la utilización de los sistemas fotovoltaicos. [18]

1985, Surge la nueva célula fotovoltaica con una eficiencia de hasta el 20% de rendimiento y es desarrollada por parte de la universidad de New South Wales. [19]

1998, Luego de más de dos décadas de investigación y desarrollo de los sistemas fotovoltaicos se empieza a dar un aumento en la instalación de estos sistemas alcanzando una potencia de hasta 1000 MWp instalados. [19]

2002-2007, Fue aumentando de manera exponencial la utilización de los sistemas fotovoltaicos alcanzando para el 2002 una potencia de 500 MW, para el 2004 una potencia de 1000 MW y para el 2007 una potencia de 2000MW [19]

2010, Para este entonces se alcanzó una potencia mundial de solo generación solar fotovoltaica instalada de 40.000 MW y una producción de celular superior a los 27.200 MW. [19]

### **Evolución de la energía solar fotovoltaica en Colombia**

En Colombia los avances en el campo de la generación fotovoltaica no se desarrollaron de manera eficiente como paso en los países de Norteamérica, esto debido a la poca disposición del gobierno para brindar aporte a las instituciones científicas y desarrollo de energías alternativas, sino que se mantuvieron al margen confortándose con los aportes que llegaban de otros países.

Se conoce que Colombia es un país lleno de privilegios y no solo por su flora, fauna, gastronomía y riqueza mineral, sino que también lo es en el campo de la generación fotovoltaica por su ubicación geográfica dado que al encontrarse cerca de la línea del

ecuador cuenta con 12 horas diarias de irradiación durante todo el año, siendo uno de los países con mayor potencia a nivel mundial para generación solar fotovoltaica de hasta  $4.5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$  superando incluso países como Alemania que tiene uno de los mayores aprovechamientos de la energía solar con una irradiancia promedio de  $3 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ . [7]

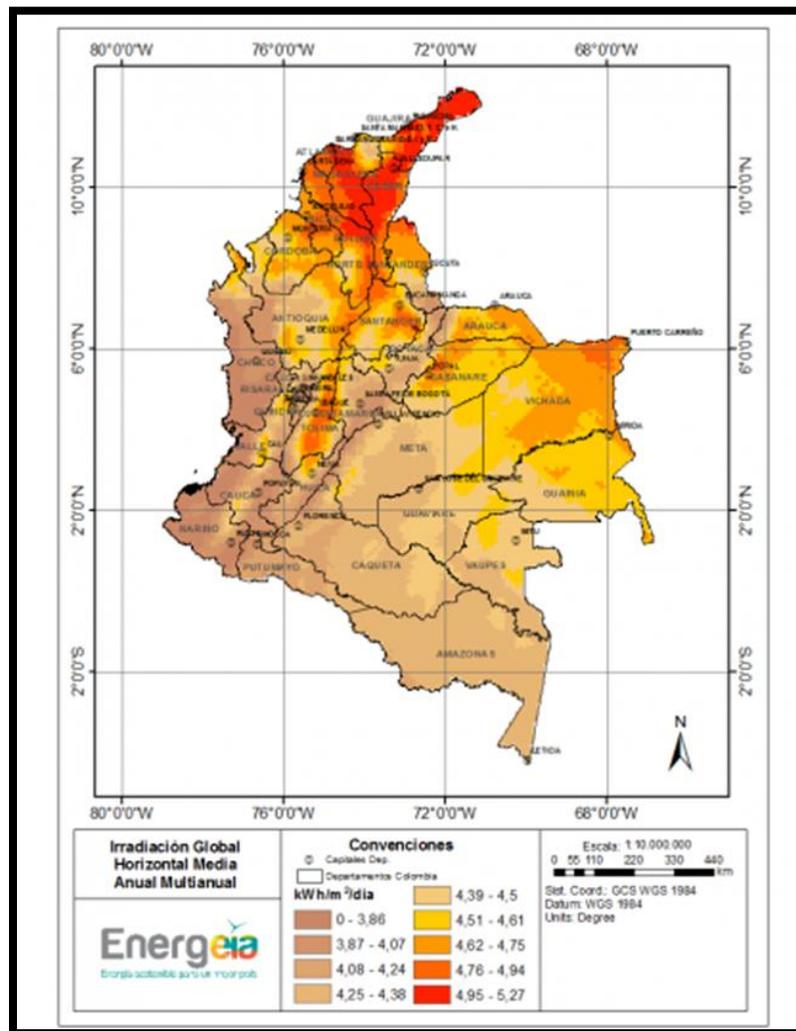


Ilustración 10: Niveles de irradiancia en Colombia

Fuente: [https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/fotos/fotovoltaica/ampliada/c/colombia\\_atlas\\_solar.png](https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/fotos/fotovoltaica/ampliada/c/colombia_atlas_solar.png)

## Radiación solar en Inírida-Guainía

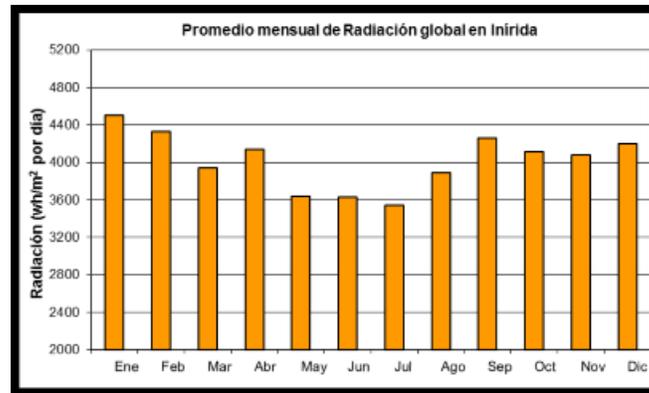


Ilustración 11: Irradiancia promedio en Inírida-Guainía

Fuente: <https://energiasolarcolombia.co/wp-content/uploads/2020/03/Atlas-de-radiaci%C3%B3n-solar-en-Colombia-energia-solar-colombia.jpg>

## DATOS GENERALES DEL PROYECTO

### Mapa general

El proyecto de la granja solar SOL DE INÍRIDA SAS ESP se encuentra establecido en el departamento del Guainía, dado a sus condiciones geográficas es uno de los puntos que no se encuentran acoplados al sistema nacional interconectado del servicio de electricidad del país y por lo tanto su modo de generación de energía eléctrica es convencional mediante la quema de combustibles fósil como lo es el Diesel, el cual tiene una gran emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente. [20]



*Ilustración 12: Mapa general de Colombia*

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

### Localidad

Ubicada en la ciudad de Puerto Inírida capital del departamento, con una población actualmente de aproximadamente 32.000 habitantes según las últimas cifras ofrecidas por el DANE, la empresa SOL DE INÍRIDA implementa un nuevo modelo de

generación amigable con el medio ambiente que pueda contribuir con la demanda local y reducir el impacto de gases emitidos por la generación Diesel. [20]

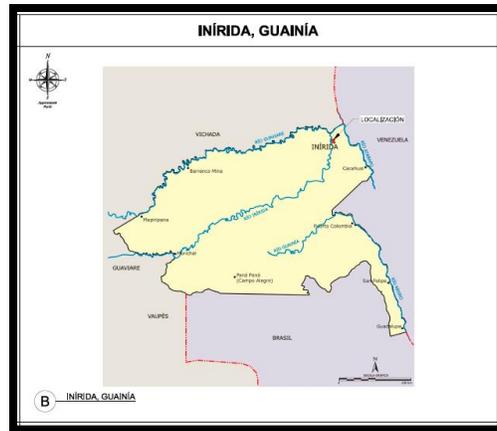


Ilustración 13: Mapa departamento del Guainía

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## Situación

Situado en Inírida, Guainía Colombia a una latitud de  $3^{\circ}51'39.29''$  N, una longitud de  $67^{\circ}54'13.23''$  O y una altitud de 96 metros sobre el nivel del mar se encuentra ubicado el previo donde se ubica la granja solar SOL DE INÍRIDA SAS ESP. [Google maps]



*Ilustración 14: Relieve de Inírida-Guainía*

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## Emplazamiento

Comprende unas dimensiones de área con un total del vallado de 3.55 Hectáreas y un perímetro general del vallado de seguridad de 860 metros. [x]



*Ilustración 15: Ubicación de la granja solar*

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## Logotipo



*Ilustración 16: Logotipo de la empresa SOL DE INIRIDA SAS ESP*

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## Organigrama

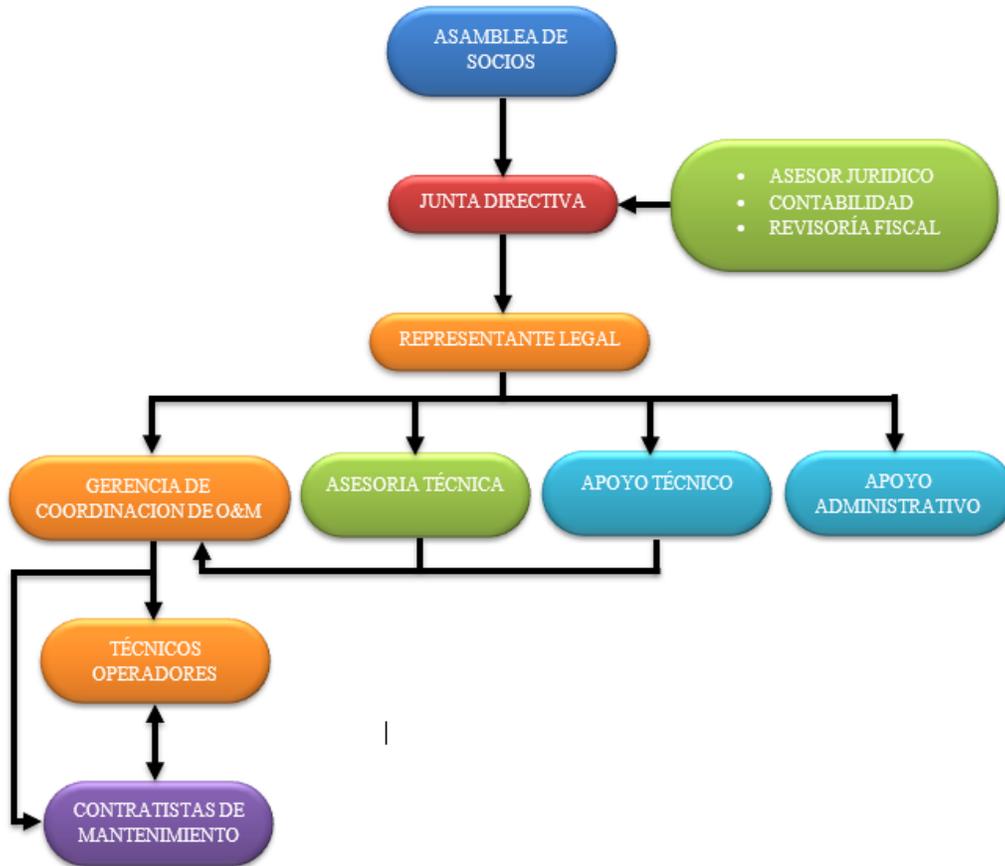


Ilustración 17: Organigrama

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## METODOLOGIA DEL PROYECTO

La metodología de este proyecto es de tipo teórico-práctica, su desarrollo se llevará a cabo mediante el cumplimiento de las siguientes fases:

La primera fase, recopilación de información de catálogos, guías y documentos existentes en la granja solar SOL DE INIRIDA SAS ESP, y de igual manera mediante la ejecución de labores se viene recopilando información de los procedimientos que se están realizando para dar cumplimiento a la actividad planeada.

La segunda fase, Se realiza un análisis de cada una de las actividades que se realizaron con el objetivo de encontrar inconsistencias en los procesos de ejecución e identificando los riesgos a los cuales se exponen los operarios y que repercusiones físicas puede traer esto para el operario, y en lo legal y económico para la empresa.

La tercera fase, iniciar los procesos de ordenamiento en el almacén y área administrativa con el propósito de conocer con exactitud las herramientas, repuestos en buen y mal estado y consumibles con los que se cuentan para realizar las actividades, y por último diseñar fichas de operación y mantenimiento que optimicen la realización de los procesos de gestión y realización de labores.

La cuarta fase, en esta última etapa se implementará las fichas de operación y mantenimiento para la ejecución de cada una de las actividades que se vayan a desarrollar en la granja solar, adicionalmente se diseña y se implementa un plan de mantenimiento para el año 2022.

## ANALISIS DEL ESTADO ACTUAL DE MANTENIMIENTO

En la granja solar SOL DE INIRIDA SAS ESP se busca realizar solo actividades de mantenimiento preventivo y predictivo que no ameriten la salida de la planta, esto debido a que al operar durante el día el presentarse una falla o tener que intervenir con un mantenimiento correctivo trae un gran impacto económico. Por tal razón se abarca la mayor cantidad de intervenciones de predicción y preventivos que garanticen que la planta funciones en el mejor estado posible.

Actualmente en el área de mantenimiento se vienen realizando una serie de actividades que han sido designadas por un ingeniero desde la ciudad de Bogotá, las labores son desarrolladas por los técnicos de operación, pero sin el debido protocolo del sistema de gestión, seguridad y salud en el trabajo.

Durante el análisis que se realiza se denota que no se lleva una correspondiente bitácora de las intervenciones que se realizan a los equipos en donde se debe identificar qué sector fue intervenido, la causa de la falla, los repuestos que fueron removidos y los diagnósticos que como técnicos encargados pueden ofrecer a los directivos de la empresa, adicionalmente que no se cumplen los estándares de seguridad al momento de realizar las actividades dado que en algunos casos no se utiliza el casco de seguridad, los guantes, los lentes e incluso el tapabocas por estado actual de pandemia.

Al no llevar un adecuado control del inventario de los equipos que se removieron y los que se encuentran en buen estado en el almacén generan discordancias al momento de realizar alguna intervención de mantenimiento, adicional a esto se presentan inconformidades ante la parte gerencial por no tener claras las causas de equipos



averiados para la realización de los procesos de garantías, lo cual repercute económicamente a la empresa.

Por estas razones se implementa un plan de mantenimiento que aplicara para el año 2022 con el objetivo de que se logre dar atención a todas esta no conformidades por parte de los directivos de la granja solar SOL DE INÍRIDA, además de brindar un adecuado conducto de regulación para los operarios al momento de ejercer sus deberes y responsabilidades laborales con el fin de prevenir accidentes que puedan ser desfavorables para su salud física y al igualmente para los equipos de la planta.

DQS is member of:





## ANALISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS AREAS DE TRABAJO

### Almacén

Inicialmente se cuenta con un depósito donde se encuentran las herramientas de trabajo, paneles de repuesto y suministros del inversor, originalmente no se venía llevando un control sobre los equipos que se encontraban en sitio y tampoco un lugar donde ubicarlos adecuadamente, por consiguiente se presenta un descontrol de información dado que se realizaban actividades de mantenimiento correctivo donde los equipos que fueron removidos por averías eran llevados al almacén junto con los que se encuentran en buen estado y no se reportaba adecuadamente con su respectiva referencia a los directivos para llevar una bitácora de interacción.

### Área administrativa:

En este sector se ubica todo lo referente con el monitoreo de la grana solar SOL DE INÍRIDA, se cuenta con un servidor principal en donde se logra visualizar toda la información de la generación en tiempo real mediante el sistema SCADA, en él podemos observar la demanda de la ciudad de Inírida, la potencia activa que es inyectada a la red por la granja solar, la potencia que inyecta los generadores de la central Diesel, los niveles de temperatura, presión, ventilación, tensiones y corrientes del equipo central que es el inversor de 2,25 MVA, igualmente se cuenta con un segundo ordenador de seguridad que comprende todo el control de las cámaras de seguridad de la planta ubicadas en las entradas, oficina y vallados perimetrales.

## DISEÑO Y DISTRIBUCION DE LA PLANTA

### Módulos solares

Los paneles solares instalados son de referencia JAP72D00-330 de los fabricantes JA SOLAR, se encuentran acoplados mediante conectores MC4 en una serie que comprende 30 paneles los cuales reciben el nombre de String, donde se conectan a una caja String en el cual se juntan hasta 18 series en total y conectadas en paralelo que se dirigen directamente a un barraje en el inversor centralizado. [x]

Las características de los paneles solares y cantidad son las siguientes:

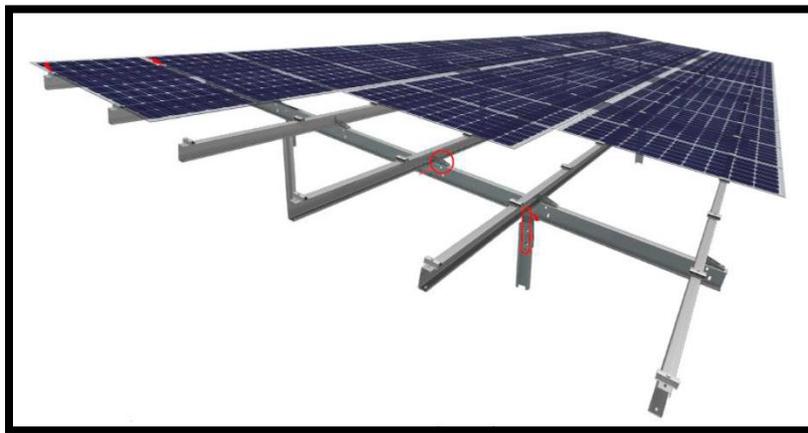
Características de los paneles solares	
Potencia Nominal Máxima (STC)	330 Wdc
Tipo de célula	Policristalina
Número de células	72 células
Cantidad de módulos por planta	7560 (330 W)



Ilustración 18: Características de los paneles solares

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

Los paneles solares se encuentran instalados sobre una estructura fija, esta fue diseñada con la capacidad de soportar el peso de los paneles, vientos y lluvias a los cuales se encuentra expuesto el sistema en todo momento, en su diseño se distribuye en tres filas de paneles y hasta más de 100 columnas de a tres en vertical sujetos con clamps como se aprecia en el esquema. [x]



*Ilustración 19: Estructura de soporte de los paneles*

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

### **Inversor**

Es el equipo que realiza el proceso de transformación de la corriente DC en AC en un sistema solar fotovoltaico, en este proyecto se instaló un equipo fabricado por GAMESA de modelo E-2.5MVA-SB-I-1500VDC como se muestra a continuación:

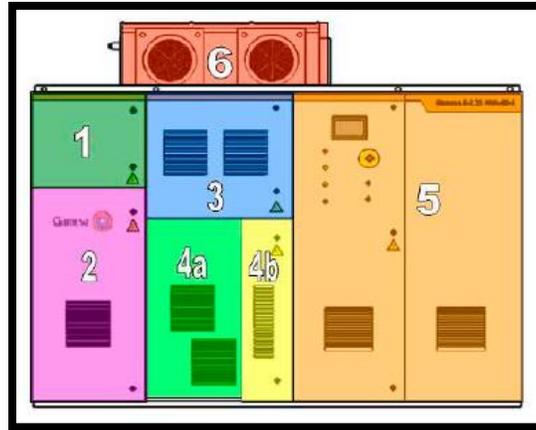


Ilustración 20: Gabinete del inversor

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

Se compone de 6 diferentes secciones:

- Sección 1: Sistema de refrigeración.
- Sección 2: Área en AC
- Sección 3: Puentes de inversor
- Sección 4:
  - Sección 4A: Inductancia
  - Sección 4B: Unidad de control CCU
- Sección 5: Área en DC
- Sección 6: Intercambiadores de aire.

A continuación, como se muestra en la siguiente tabla se puede observar las especificaciones del inversor instalado.

GAMESA E-2.25 MVA-SB-I INVERTER TECHNICAL SPECIFICATIONS	
<b>DC INPUT</b>	
PV generator recommended power	2500-3000 kWp
Maximum input current	2800 A @50°C
Panels voltage range (*)	900 - 1500 V
MPP voltage range	900 - 1300 V
No. DC inputs	Up to 24
Max. cable cross section per terminal	2 x 300 mm <sup>2</sup> each single DC terminal
Grid feeding from	0.5% Pr approx.
(*) The maximum voltage should not be exceeded under any circumstances. It should be noted that the open circuit voltage increases with low temperatures.	
<b>AC OUTPUT</b>	
No. Phases	3
Rated power	2500 kVA @25°C
Nominal output voltage	660 Vrms
Grid voltage tolerance margin	+10% / -10%
Inverter output voltage range	594 - 726 Vrms
Frequency range	47.5 Hz - 53 Hz / 57Hz - 63 Hz
Power Factor Range	Adjustable
Current distortion (THDi)	< 3% @ 5n
Max. current per phase	I <sub>max</sub> = 2190 Arms @50°C
Max. output cable cross section per phase	8 x 240 mm <sup>2</sup>
<b>EFFICIENCY</b>	
Maximum efficiency	99.11 %
European efficiency	98.8 %
Consumption on stand-by	< 200 W

Ilustración 21: Hoja característica del inversor

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## Transformador de potencia

El transformador de potencia es un equipo que se implementa para realizar una variación o cambio en una determinada relación entre la tensión de entrada y de salida, ya que puede elevar o reducir los niveles de voltaje dependiendo de la aplicación, en este caso se implementa un transformador elevador, eleva la tensión de 660 Vac a 34.5 KVac hasta el cuarto de seccionamiento y posteriormente para su distribución. [x]

A continuación, podemos observar la hoja característica del transformador del contenedor del inversor.

**TRANSFORMADOR**  
 48100 MUNGIA -- BIZKAIA -- (ESPAÑA)  
 TLE : 94 674 00 04 -- www.alkargo.com

TRANSFORMADOR TRIFASICO | FRECUENCIA ASIGNADA: 60 Hz | REFRIGERACION ONAN

**ALTA TENSION**

POS. DE CONTACTO	TENSION (V)	CORRIENTE (Amp)	POTENCIA (kVA)
1	36225	37,7	2250
2	35363		
3	34500		
4	33638		
5	32775		

**BAJA TENSION**

BORNAS	TENSION (V)	CORRIENTE (Amp)	POTENCIA (kVA)
N-2U-2V-2W	660	1968,2	2250

TIPO DE AISLANTE: ACEITE

Ilustración 22: Hoja característica del transformador de potencia

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

### Distribución de la planta

La granja solar SOL DE INÍRIDA SAS ESP se encuentra distribuida de la siguiente manera, en su totalidad consta de 23 mesas de paneles solares conformada por 7560 módulos, estos se encuentran en series de 30 paneles que llegan a las cajas String, en

cada caja String pueden conectarse hasta 18 series y de allí salen a un conductor AD7 de 240 mm que llega hasta un barraje en el inversor cuyo nivel de tensión es de 1200 Vdc hasta los 1500 Vdc, se realiza el proceso de transformación de la energía de los 660 Vac/34,5 KVac y en el mismo conductor llega al centro de seccionamiento donde pasa a través de unas celdas de 34,5KVac Ormazábal y de allí se dirige de hasta el punto de conexión en media tensión, cabe recalcar que todo el recorrido del transporte de la energía desde los módulos hasta el punto de conexión se realiza de forma subterránea, la generación de la granja solar se sincroniza mediante la utilización de un DMC ubicado en la central Diesel, esta sincronización se realiza efectivamente siempre y cuando los valores de frecuencia 60 Hz, los desbalances de tensiones y corrientes de 180° entre fase y fase se encuentren adecuadamente como se muestra a continuación:



Ilustración 23: Centro de monitoreo de Seccionamiento.

Fuente: Autor

El recorrido desde el punto de media tensión hasta la central GENSA tiene una distancia de 2.8 km con un tendido en conductor 2/0 AWG en aluminio que consta en su totalidad de 28 apoyos.

Igualmente, en el recorrido se implementa una fibra óptica que permite la comunicación entre la granja solar SOL DE INÍRIDA SAS ESP y la central DISE de GENSA, por medio de la fibra la información es recibida en el sistema Scada donde se pueden observar los siguientes parámetros:

- Monitorear la demanda de Inírida y la potencia inyectada de la granja y frecuencia de la red en tiempo real.



Ilustración 24: Interfaz de monitoreo de la demanda

- La variación en los niveles de tensión, corriente, frecuencia, temperaturas, clima y todos los parámetros de operación del inversor en tiempo real.

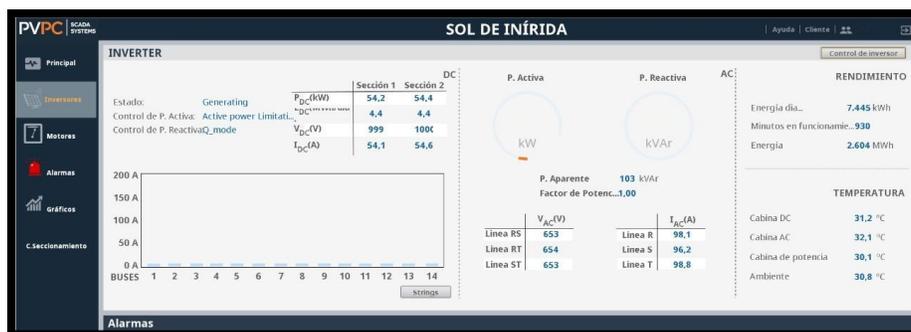


Ilustración 25: Interfaz de monitoreo del inversor

- La potencia generada por cada uno de los motores



Ilustración 26: Interfaz de monitoreo de los motores DIESEL

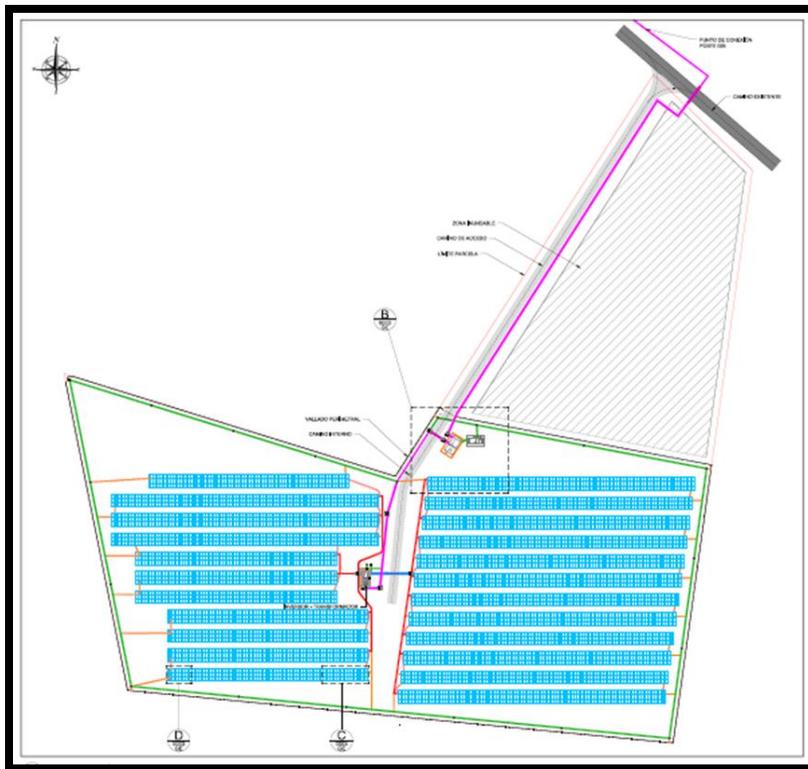


Ilustración 27: Distribución de la granja solar

Fuente: INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M

## FORMATOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DE MANTENIMIENTO

Para desarrollar un adecuado plan de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de la Granja Solar Inírida se debe elaborar un detallado plan estratégico y una metodología donde se comprendan los siguientes aspectos:

Guías de operación: para cada sección que se requiera intervenir por parte de los técnicos designados previamente se debe tener unos presaberes en cuanto al funcionamiento del equipo, métodos adecuados de intervención teniendo en cuenta las 5 reglas de oro eléctricas, los equipos de protección personales requeridos, las herramientas necesarias y una claridad en los riesgos que se pueden presentar en el momento de realizar cualquier mantenimiento y estar preparados para actuar en cualquier instante que sea necesario.

Guías de mantenimiento: para cada una de las actividades previsibles de mantenimiento, con una clara identificación del área que se va a intermediar, el equipo en específico a mediar, frecuencia con la cual requiere ser revisado o nuevamente intervenido, duración de las horas hombre de trabajo por cada actividad realizada, personal requerido, diligenciar formatos de entrega y recibido de herramientas, equipos, consumibles entregados antes y después de realizar la labor.

Fichas de reporte de las actividades: que contienen un sistema simplificado de reporte de hallazgos y acciones realizadas, que incluye la forma de incorporar un registro fotográfico de cada una de las actividades desde el momento de inicio, hasta la finalización con el objetivo de llevar una bitácora u hoja de vida de los equipos.

Un cronograma anualizado de las actividades donde se cumplan los tiempos preestablecidos por los fabricantes de los equipos en cuanto a los mantenimientos.

## CAPITULO 1: INVENTARIO GENERAL

Para la realización del inventario de la granja solar SOL DE INÍRIDA SAS ESP se atravesó por una serie de etapas para dar cumplimiento a este objetivo, veremos cómo se distribuyeron las actividades a continuación:

Fase 1: Se realizó una recopilación de los inventarios realizados por operadores tiempo atrás y de los equipos ofrecidos por los fabricantes, esta documentación fue utilizada como guía para conocer referencias y uso de algunos equipos existentes en el almacén.

Fase 2: Se adecuó estantería necesaria para la ubicación de los repuestos, dado que al inicio del proyecto no existía un lugar en donde acomodar los equipos y se encontraban almacenados en un cajón donde se presentaba un desorden de información e identificación de refacciones en el lugar, se adecuaron 5 estantes con materiales reutilizables para dar un orden específico a los repuestos, consumibles y averías.

Fase 3: Posterior a la realización de estantes se procede a la ubicación y registro en simultáneo de cada uno de los repuestos en sus respectivos estantes, el registro es realizado mediante la utilización del aplicativo Excel de Microsoft Office profesional 2019, en donde cada elemento que se registra se le asigna una referencia, una observación del estado en el que se encuentra, ya sea nuevo, buen estado o en estado de avería para ser intervenido o desecho y un calificativo de identificación ya sea repuesto, herramienta o consumible.

## CAPITULO 2: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL AÑO

<b>Inversor – servicios auxiliares</b>	<b>Periodicidad</b>
Verificaciones con inversor en trabajo (ventiladores, presión, temperatura)	Diario
Inspección visual del estado de todos los dispositivos de control y protección	Cuatrimestral
Revisión de los cables internos	Cuatrimestral
Conectar todos los interruptores y verificar la ausencia de calentamiento y ruido	Cuatrimestral
Presionar el botón de test para los relés diferenciales	Cuatrimestral
Comprobar el estado de los terminales	Cuatrimestral
Realizar limpieza del interior del cuarto	Cuatrimestral
Realizar limpieza del interior de la cabina	Cuatrimestral
Inspección con cámara termografía	Anual
<b>Inversor - iluminación</b>	<b>Periodicidad</b>
Verificar la operación de todas las unidades y reemplazar en caso necesario	Cuatrimestral
Verificar el estado de las conexiones / limpiar las luminarias	
Revisión de los cables internos	
Comprobar el funcionamiento de la iluminación de emergencia	
<b>Inversor – suministro de energía</b>	<b>Periodicidad</b>
Limpiar tomacorrientes	Cuatrimestral
Verificar el funcionamiento de los interruptores	
Comprobar la tensión entre los polos de los enchufes y con respecto a tierra	
<b>Inversor – tubos y cajas de derivación</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección visual de los tubos y bandejas	Semestral
Inspección de los soportes y fijaciones	
Limpiar la ruta de los tubos	
Verificar las juntas y registros	
<b>Inversor – suelo técnico</b>	<b>Periodicidad</b>
Limpieza superficial	Mensual
Limpieza interna	Bimensual
<b>Puertas de acceso</b>	<b>Periodicidad</b>
Limpieza y lubricación de cerraduras	Semestral
Limpieza y lubricación de candados	Semestral

Limpieza y engrasado del sistema antipánico	Semestral
<b>Estructuras metálicas</b>	<b>Periodicidad</b>
Comprobar el estado de la tornillería y elementos de fijación	Cuatrimestral
Revisión de las superficies galvanizadas de toda la estructura	Cuatrimestral
Revisión de torque en 100 puntos distintos y marcar	Cuatrimestral
Conexión a tierra	Cuatrimestral
<b>Cableado de media tensión</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección visual del cableado de MT desde el inversor hasta el punto de conexión	Semestral
Inspección visual de la línea de MT y fo desde el punto de conexión hasta la central DIESEL	Mensual
Termografía en puntos de conexión	Anual
<b>Cableado de baja tensión</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección y mantenimiento del cableado de los módulos fotovoltaicos	Cuatrimestral
Inspección y mantenimiento de las cajas String	Trimestral
Mediciones eléctricas	Bimensual
Torque de conexiones eléctricas cable 240 mm <sup>2</sup>	Semestral
Termografía de cableado y conexiones de BT	Anual
<b>Sistema de monitorización</b>	<b>Periodicidad</b>
Backup de datos	Trimestral
Inspección y mantenimiento de torre	Mensual
Limpieza de sensores y componentes	Mensual
Mediciones eléctricas	Mensual
Limpieza de dos tableros combox	Mensual
Calibración de piranómetros	Bianual
Mantenimiento de estación meteorológica	Bimensual
<b>Puesta a tierra</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección visual y limpieza de los puntos de soldadura exotérmica	Semestral
Comprobar continuidad de la puesta a tierra entre los elementos del inversor y el anillo	Semestral
Comprobar continuidad de la puesta a tierra entre los elementos del centro de seccionamiento y el anillo	Semestral
Comprobar continuidad de la puesta a tierra entre los elementos del cuanto de control y la malla general	Semestral
Comprobar continuidad de la puesta a tierra entre los elementos del depósito y la malla general	Semestral
Comprobar continuidad de la puesta a tierra entre las estructuras de los paneles y la malla general	Semestral
Comprobar continuidad de la puesta a tierra de las cajas String	Semestral
Verificar estado de los latiguillos de las estructuras	Semestral
Medición del SPT	Anual

<b>Sistema de seguridad</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección de la puerta de acceso principal	Bimensual
Inspección física y mantenimiento del CCTV	Bimensual
Funcionamiento de sistema de intercomunicación	Bimensual
Verificación del sistema de control de acceso al cuarto de control	Bimensual
Mantenimiento y limpieza de rack de seguridad	Bimensual
Verificación de funcionamiento del sistema para detección de intrusos	Bimensual
<b>Sistema scada</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección visual y limpieza de los elementos que componen el sistema.	Bimensual
Inspección visual y limpieza del cableado y conexiones	Bimensual
Inspección y limpieza de cajas master String	Bimensual
Verificación y limpieza de rack para conversor de fibra	Bimensual
Verificación de datos en sistema	Bimensual
<b>Equipos auxiliares en planta</b>	<b>Periodicidad</b>
Mantenimiento de aires acondicionados	Bimensual
Bomba de agua pozo	Cuatrimestral
Hincadora	Trimestral
Planta eléctrica - mant. Interno	Anual
Planta eléctrica - mant. Primario	Bimensual
Guadañadora	Bimensual
Herramientas eléctricas	Trimestral
Computador	Mensual
Bomba de agua trabajos superficiales	Trimestral
Tanque de agua	Mensual
<b>Control de vegetación</b>	<b>Periodicidad</b>
Poda debajo de las mesas	Cuatrimestral
Poda general interna	Trimestral
Poda exterior	Semestral
<b>Módulos fotovoltaicos</b>	<b>Periodicidad</b>
Lavado de módulos	Semestral
Inspección visual general y limpieza	Semanal
Termografía de paneles solares	Anual
<b>Comunicaciones</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección y limpieza de equipos de comunicaciones en planta solar	Bimensual
Inspección y limpieza de equipos de comunicaciones en GENSA	Trimestral
<b>Obra civil</b>	<b>Periodicidad</b>
Inspección de vías de acceso	Cuatrimestral
Inspección edificios (muros y pisos)	Cuatrimestral
Inspección cubierta de edificios	Cuatrimestral

Limpieza general	Mensual
Pintura interna y externa de edificios	Anual
Impermeabilización de edificios	Bianual
Pintura de contenedor del inversor	Triannual
Inspección estructura cárcamo inversor	Cuatrimestral
<b>Gestión de planta</b>	<b>Periodicidad</b>
Informe mensual	Mensual
Informe de inventario	Mensual
Gestión SG-SST	Semanal
Inventario de almacén	Semestral
Informe CDA	Mensual
<b>Detección de incendios</b>	<b>Periodicidad</b>
Verificación de funcionamiento del sistema para detección de incendios	Cuatrimestral
Verificación y limpieza de extintores	Cuatrimestral
<b>Vallado perimetral</b>	<b>Periodicidad</b>
Verificación de oxidación, aberturas, tensión	Cuatrimestral
Verificación funcionamiento de puertas de acceso	Cuatrimestral
<b>Cajas de inspección</b>	<b>Periodicidad</b>
Verificar que la estructura y tapas no tengas grietas o muestras de daño	Cuatrimestral
Verificar y reportar nivel de agua de las cajas	
Verificar que los tubos se encuentren sellados	
Verificar estado de los cables	
<b>Transformador MT</b>	<b>Periodicidad</b>
Verificar que no existan ruidos fuera de lo común	Mensual
Verificar puesta a tierra	Cuatrimestral
Verificar torques de conexiones	
Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite	Anual
Drenaje de trampa de aceite	Trimestral

Tabla 1: Actividades de mantenimiento anuales

## CAPITULO 3: FICHAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### FICHA DE OPERACIÓN

#### Mantenimiento preventivo del equipo correspondiente.

En esta sección se realizará una descripción de cuál es el procedimiento correspondiente a realizar para brindar un adecuado mantenimiento al equipo que se va a intervenir.

#### Información preliminar.

Prerrequisitos:

Los técnicos operadores antes de ejecutar las labores de mantenimiento asignadas deberán cumplir con los siguientes protocolos de seguridad:

CÓDIGO	PROTOCOLO	VINCULO DE ACCESO
XXX-XXX-01	Protocolo de prevención para el COVID-19	
XXX-XXX-02	Protocolo de salud y seguridad en el trabajo	
XXX-XXX-03	Protocolo de Gestión de almacén	

*Tabla 2: Protocolo preliminar*

Personal requerido:

Para la ejecución de las labores asignadas al mantenimiento es necesario contar con:

- Un técnico operador
- Un ayudante.

Seguridad Eléctrica:

Durante las diferentes actividades de mantenimiento es frecuente que se presenten trabajos eléctricos de variable complejidad y en distintos niveles de tensión, es por esto que siempre se debe tener presente las 5 reglas de oro para todo trabajo eléctricos.

5 reglas de oro para trabajos eléctricos:

- Abrir: realizar un corte visible
- Bloquear: enclavamiento o bloqueo si es posible
- Verificar: verificación de ausencia de tensión
- Aterrizar: puesta a tierra y en corto circuito
- Delimitar: señalización

Manuales de Apoyo:

En esta sección se comprende la información proporcionada por los proveedores de los equipos para su adecuada operación e intervenciones de mantenimiento.

CODIGO	DESCRIPCION

Tabla 3: Manual de apoyo

### Descripción de actividades y procedimientos.

El o los técnicos de operación y mantenimiento deberán seguir las instrucciones que se describen en la siguiente tabla. Es claro que lo aquí consignado es una ayuda metodológica que se ejecutará en su totalidad a fin de poder realizar con certeza el reporte que desde ingeniería se requiere, sin embargo, los técnicos podrán plantear acciones complementarias orientadas a realizar el mantenimiento preventivo con la mayor calidad posible:

ITEM	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO
# de la actividad	Nombre de la actividad a realizar	<p><b>Frecuencia:</b> Cada cuanto tiempo se realizar esta actividad.</p> <p><b>Tiempo de Ejecución:</b> Cuantas horas hombres son necesarias para dar cumplimiento a la tarea.</p> <p><b>Objetivo:</b> Razón por la cual se realiza este procedimiento y que se busca mitigar con su ejecución.</p> <p><b>Descripción:</b> En esta sección se plantea como ejecutar la actividad paso a paso para dar cumplimiento a la tarea de mantenimiento de manera efectiva, eficaz y sin afectaciones al personal encargado de realizar la labor.</p> <p><b>Diligenciar ficha de mantenimiento:</b> En esta sección se realiza el control de mantenimientos realizados.</p> <p><b>Reporte en Ficha FOR-MANT-141:</b> Se debe levantar un reporte al momento de culminar la actividad y subir a la carpeta correspondiente donde se detalla los realizado y observaciones.</p>

Tabla 4: Descripción de cada actividad

### Materiales y herramientas.

Las herramientas requeridas para estas actividades son:

ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	CONSUMIBLE
Nombre de la actividad a realizar.	Toda herramienta sea eléctrica, electrónica, mecánica o de otra clase requerida para dar cumplimiento a esta tarea.	Todo elemento de una sola intervención necesario.

Tabla 5: Materiales y herramientas

### Procedimiento en caso de falla.

En caso de detectar una anomalía en alguno de los componentes, se debe realizar el siguiente procedimiento:

- a) Informa vía telefónica a la Coordinación de O&M.

NOMBRE	EMPRESA	TELEFONO	CORREO
Xxxxx	Xxxxx	Xxxxx	<a href="mailto:xxxxxxxxxx@gmail.com">xxxxxxxxxx@gmail.com</a>
Xxxxx	Xxxxx	Xxxxx	<a href="mailto:xxxxxxxxxx@hotmail.com">xxxxxxxxxx@hotmail.com</a>

Tabla 6: Contactos de supervisores de O&M

- b) Diligenciar y enviar los formatos de mantenimiento correspondientes a cada una de las actividades realizadas
- c) Enviar vía correo electrónico un Reporte de Falla, el mismo debe incluir el formato de mantenimiento correspondiente, registro fotográfico del componente dañado y el nuevo a instalar, especificaciones del componente a instalar y registro del inventario interno. El correo debe ser enviado haciendo uso de prioridad alta.
- d) Verificar estado de la garantía del componente. Si está vigente seguir el protocolo de solicitud de reemplazo de mantenimiento por garantía, enviar como anexo en el correo la ficha de solicitud de garantía correspondiente.
- e) En caso que la garantía ya esté vencida, se debe verificar la guía de mantenimiento. (Guía XXX), el listado de repuestos y necesidades técnicas para el reemplazo.

- f) Verificar las existencias en almacén, usando el formato ALM-INV-01. Informar sobre la existencia o no de los repuestos requeridos.
- g) Coordinar con la gerencia de planta fecha para realizar mantenimiento correctivo.
- h) Realizar el reemplazo de los componentes en daño según los protocolos establecidos.

### **Seguridad en el trabajo.**

En cualquier instalación industrial, como una planta fotovoltaica, se deben tener en cuenta riesgos de diferente índole cuando se llevan a cabo tareas de mantenimiento. En esta sección se describen los principales riesgos al realizar la actividad Mantenimiento.

Sol de Inírida SAS ESP ha desarrollado conforme a las disposiciones legales todos los protocolos que se deben seguir dentro del proceso normal de operación y mantenimiento, es de obligatorio cumplimiento su aplicación. Para ello hay dentro del equipo de trabajo personal con conocimiento para garantizar su cumplimiento.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá obviar las instrucciones de seguridad en el trabajo.

Los principales riesgos a los que se expone el operador en estas actividades son:

- a) Descarga Eléctrica o Electrocutación.
- b) Caídas y Golpes.
- c) Heridas por cortadura.
- d) Quemaduras por irradiación solar

RIESGOS	NIVEL DE RIESGO			PROBABILIDAD			AFECTACIÓN ECONÓMICA			MITIGACIÓN
	Leve	Intermedio	Grave	Baja	Intermedia	Alta	Baja	Intermedia	Alta	
Descarga eléctrica										Uso de herramientas y elementos de protección personal
Electrocución										Uso de herramientas y elementos de protección personal
Herida por cortadura o punción										Uso de herramientas y elementos de protección personal
Quemadura cutánea										Uso de herramientas y elementos de protección personal

Tabla 7: Matriz de riesgo laboral

		POSIBLES AFECTACIONES AMBIENTALES					Cumplimiento resoluciones CDA		
ÍTEM	ACTIVIDAD	AÉREAS	FAUNA	FLORA	SUELOS	ACUIFEROS	VERTIMIENTOS	AGUAS PROFUNDAS	CONTROL/ MITIGACIÓN
NOMBRE DEL EQUIPO A TRABAJAR									
#	Actividad a realizar	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	

Tabla 8: Matriz de riesgo ambiental

Los equipos de protección personal requeridos son:

- a) Ropa de Trabajo (Chaqueta y pantalón tipo jean).
- b) Casco de Seguridad.
- c) Botas de Seguridad.
- d) Guantes de Seguridad.
- e) Guantes de Dieléctricos.
- f) Gafas de seguridad.
- g) Tapabocas.



## FICHAS DE MANTENIMIENTO

### Ficha de mantenimiento general.

Esta ficha está diseñada para llevar un reporte al final de la realización de cada actividad de mantenimiento en donde se comprende la fecha de inicio, posteriormente se indica que tipo de mantenimiento que se realiza, el área que se debe intervenir, si la intervención es energizada o sin tensión y una breve descripción del equipo al que se le realizara el mantenimiento y la hora de inicio, se designa una sección que comprende las herramientas eléctricas, mecánicas, hidráulicas y elementos de protección personal que son requeridos para dar cumplimiento a la actividad de forma segura, en caso de ser un mantenimiento correctivo se distingue una sección específica para dar a conocer cuál fue la causa de la ocurrencia de la falla e igualmente que tipo y cantidad de repuestos que son requeridos para dar solución a la problemática, antes de finalizar el técnico encargado de realizar la actividad en sus facultades como profesional puede brindar información de que acción acaba de realizar, un reporte de la causa que origino la falla y proporcionar una recomendación en la sección de observación por si es necesario realizar seguimiento o incluso si es preciso volver a intervenir el equipo en cierto lapso de tiempo, para finalizar el protocolo se requiere los datos personales del técnico y el supervisor que estuvieron presentes mientras la realización de la actividad de mantenimiento con sus correspondientes firmas, la fecha y hora en que dan por concluida la tarea.



FICHA DE MANTENIMIENTO				REV	REV-01	CODIGO	P-MANT-001	
 Sol de Inírida	SOL DE INÍRIDA SAS ESP		FECHA		DÍA	MES	AÑO	
	NIT: 901 146 507-8		TIPO DE MANTENIMIENTO					
	INÍRIDA-GUAINÍA		PREDICTIVO		PREVENTIVO		CORRECTIVO	
	VERSIÓN 001							
ÁREA A INTERVENIR								
INVERSOR	MESAS	SECCIONAMIENTO		CASETA		BODEGA		
MODO DE INTERVENCIÓN								
ENERGIZADO			DES ENERGIZADO					
EQUIPO A INTERVENIR								
EQUIPO					HORA DE INICIO			
HERRAMIENTAS REQUERIDAS								
EPP	CANT	ELÉCTRICAS	CANT	MECÁNICAS	CANT	HIDRÁULICAS	CANT	
TIPO DE LA FALLA (CORRECTIVO)								
ELÉCTRICA		ELECTRÓNICA		SOBRECARGA		ACCIDENTAL		
MECÁNICA		PRESIÓN		DE FÁBRICA		OTROS		
OTROS								
REPUESTOS								
ELÉCTRICOS	CANT	ELECTRÓNICOS	CANT	MECÁNICOS	CANT	OTROS	CANT	
TRABAJO REALIZADO								
ACTIVIDAD:								
REPORTE:								
OBSERVACIÓN								
FINALIZACIÓN								
HORA DE FIN			FECHA	DÍA	MES	AÑO		
EJECUTADO POR								
CARGO								
VALIDADO POR								
CARGO								

Ilustración 28: Ficha de mantenimiento

Fuente: Autor









## CAPITULO 4: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL AÑO 2022

A continuación, se visualiza el cronograma designado para el primer y segundo semestre del año 2022, donde se comprende las actividades que desempeñaran el técnico y supervisor durante cada semana, y las que deben ser realizadas por especialistas y contratistas, el cronograma fue diseñado teniendo presente un total de horas hombre de entre 30 y 40 horas semanales para la realización de las labores y dejando un margen de 8 horas por presencia de imprevistos en el desarrollo o por cuestiones climatológicas que pueden afectar su ejecución.

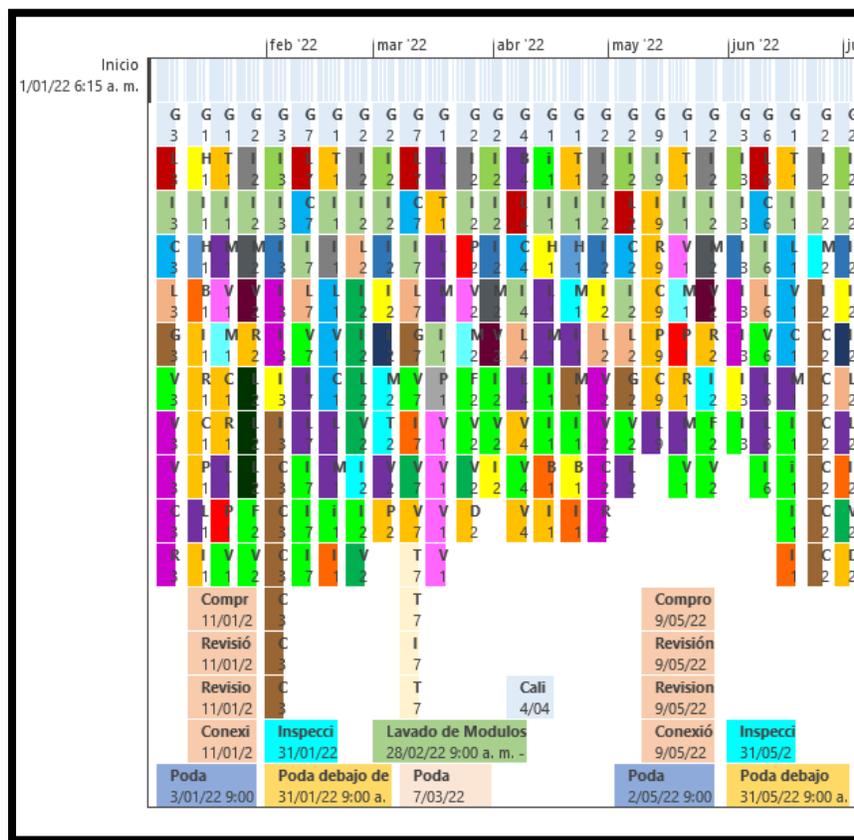


Ilustración 33: Cronograma del primer semestre 2022

Fuente: Autor

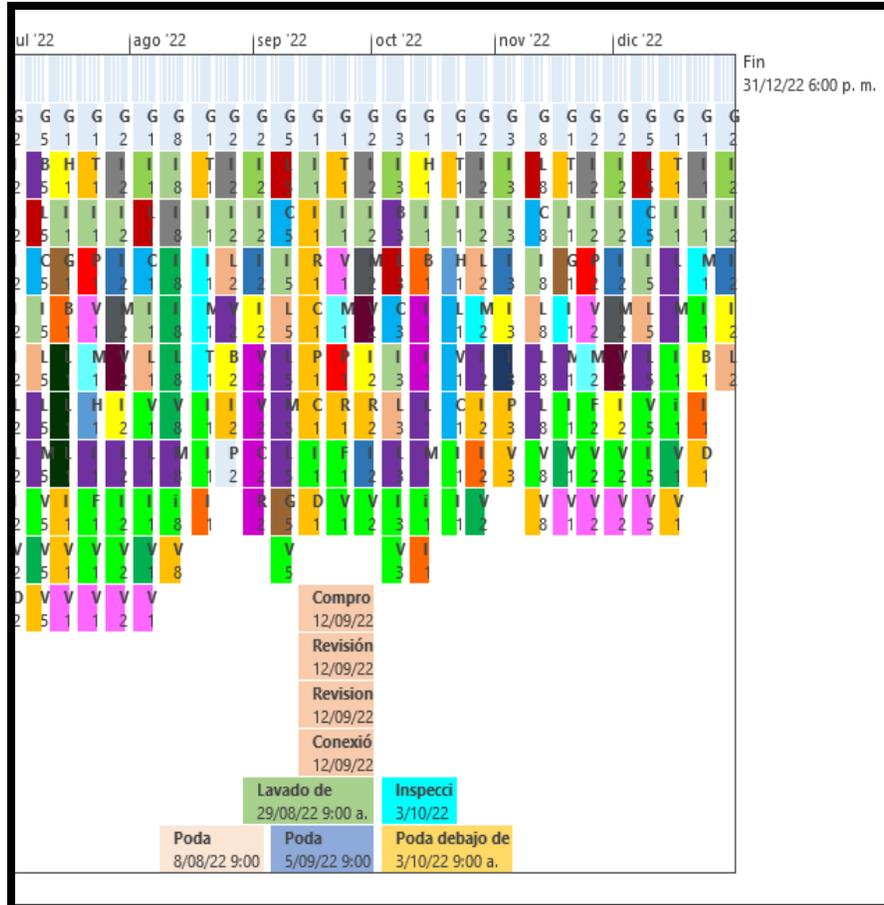


Ilustración 34: Cronograma del segundo semestre 2022

Fuente: Autor

Este cronograma es realizado mediante la utilización del aplicativo Project professional 2019 de Microsoft Office, donde se nos permite modificar la periodicidad que se desea para la realización de actividades, alargar los tiempos de la ejecución, quien los realiza y programar incluso la extensión del calendario operación y mantenimiento hasta el año de nuestra preferencia en donde podemos monitorear el avance de cada labor previamente programada.

## Distribución de actividades mensuales

En la interfaz de calendario podemos observar como el aplicativo Project nos brinda una visualización de las actividades que se requiere realizar durante el mes, igualmente se puede personalizar la vista de la ventana para observar las labores de una semana como equivalentemente también lo podemos programar para la visualización de varios meses, asimismo se nos permite realizar una programación de los días hábiles para realizar las labores y teniendo en cuenta los días no laborales como festivos y domingos donde no se puede realizar intervenciones.

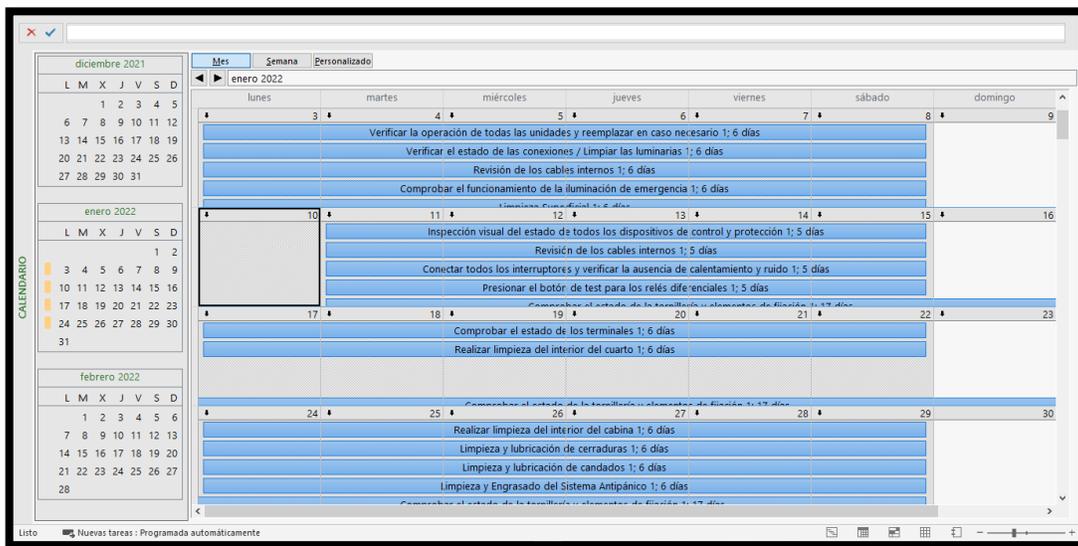


Ilustración 35: Distribución de actividades mensuales del año 2022

Fuente: Autor

## Distribución de actividades de acuerdo al cargo del operador.

En la sección de grafico de recursos se puede observar cómo se clasifica por cargos y se designa que operario realizara la actividad de mantenimiento, ya sea el supervisor,



### Actividades desarrolladas por el supervisor y técnico de operación y mantenimiento

Aquí podemos observar las actividades que se deben desarrollar por los dos miembros en planta dado que así lo demanda la ARL, donde la persona que realice la actividad debe estar siendo supervisada por un compañero que en caso de emergencia pueda intermediar para evitar algún accidente que pueda afectar al operario y a los equipos.

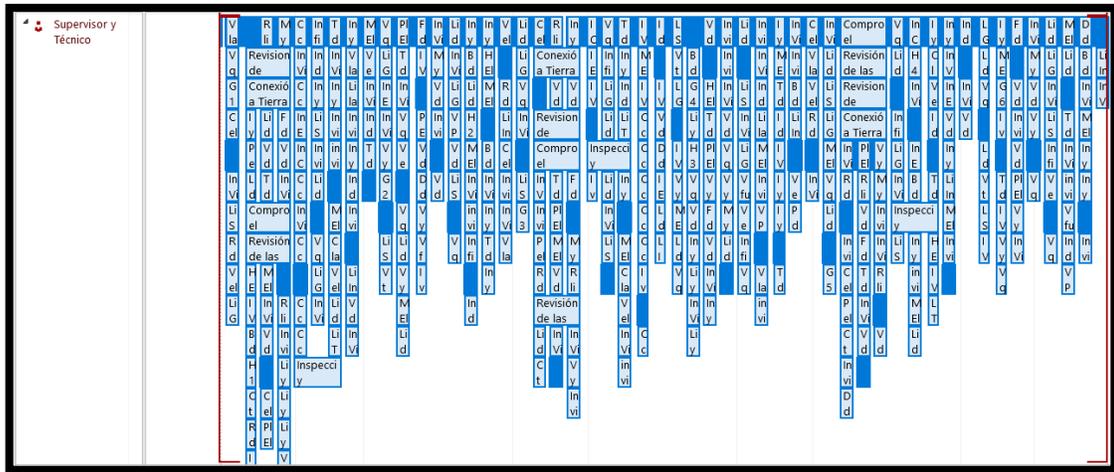


Ilustración 38: Distribución de actividades del supervisor y técnico de O&M

Fuente: Autor

### Actividades desarrolladas por especialista del área

Aquí podemos observar las acciones que se encuentran designadas para su ejecución por parte de un personal capacitado específicamente en un área designada con experiencia y equipo profesional como lo son la toma de termografías y calibración de equipos especiales.

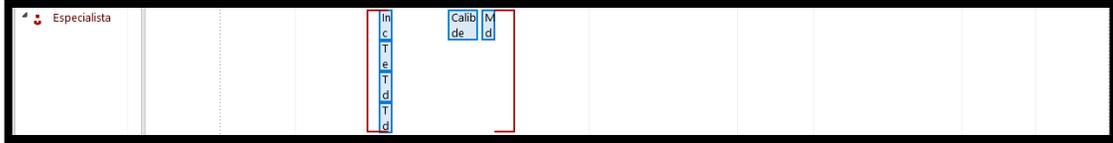


Ilustración 39: Distribución de actividades de un especialista en O&M

Fuente: Autor

### Actividades desarrolladas por contratistas

Aquí podemos observar las intervenciones en las cuales se es necesario recurrir a personal capacitado en ciertas áreas específicas como lo son mantenimientos de aires acondicionados, realización de obras civiles y mano de obra no calificada para trabajos físicos que no pueden ser ejecutados por el personal de operación y mantenimiento de la granja solar.

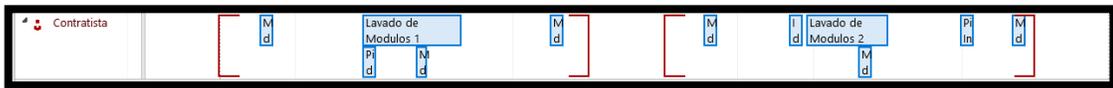


Ilustración 40: Distribución de actividades de contratistas de O&M

Fuente: Autor

## CONCLUSIONES

- El llevar un inventario ordenado donde se catalogue cada uno de los elementos de acuerdo a su utilización, ya sea herramientas, consumibles o repuestos permite llevar un adecuado control de la información y estar preparados previamente lo cual es necesario al momento de ejecutar labores de mantenimiento para evitar que se presenten retrasos e imprevistos que causarían pérdidas de operación, confiabilidad y efectividad para la empresa.
- Es de vital importancia conocer las características y especificaciones que nos ofrecen los proveedores y fabricantes de los equipos que se encuentran instalados en un proceso eléctrico, con esta información se logra atender las necesidades de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil y así reducir costos a mayor escala de mantenimientos correctivos.
- Un adecuado protocolo de ejecución de mantenimientos ya sea preventivo, predictivo o correctivo facilita a los operarios en la realización de sus actividades, esto debido a que ya se tiene una idea clara de que secuencia de pasos se debe ejecutar y que precauciones se requieren al momento de la ejecución para así reducir la probabilidad de accidentes y problemas legales, como igualmente es necesario mantener un reporte donde se comprenda un diagnóstico de toda acción que se realizó y los resultados obtenidos.
- Un cronograma de actividades estructurado de manera anual permite tener una proyección y control sobre las áreas de trabajo, es importante tener en cuenta al momento de realizar una programación en el área de la generación solar fotovoltaica el cambio climático, ya que este influye en el tiempo para la realización y se debe proyectar un margen de error para eventualidades que pueden suceder durante el tiempo de operación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M.M. Delgado, “Administración del mantenimiento” Tecnológico de estudios superiores del oriente del estado de México, marzo de 2009, pag 24.
- [2] F.S. Delpin Osorio & N.N. Moreno Moraga, “PLAN DE MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES EN PLANTA FOTOVOLTAICA DOÑA CARMEN DE LA LIGUA” universidad técnica federico santa maría sede Viña Del Mar – José Miguel Carrera, 2017, pag 11.
- [3] VirtualDoc Energías Renovables, “La Energía Solar”, 2003, pag 2.
- [4] VirtualDoc Energías Renovables, “La Energía Solar”, 2003, pag 3.
- [5] VirtualDoc Energías Renovables, “La Energía Solar”, 2003, pag 4.
- [6] VirtualDoc Energías Renovables, “La Energía Solar”, 2003, pag 27.
- [7] A. Velazco Muñoz & O. Salazar Calvache, “Evolución De La Generación De Energía Solar Fotovoltaica En Colombia” Universidad Santiago de Cali, 2019, pag 7
- [8] C. Montoya Rasero, “Energía Solar Fotovoltaica”, escuela de organización industrial, 2011, pag 23.
- [9] Ayllu Solar, “MANUAL DOBRE INSTALACIONES DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS” Chile, Pag 7.
- [10] C. Montoya Rasero, “Energía Solar Fotovoltaica”, escuela de organización industrial, 2011, pag 24.
- [11] Ayllu Solar, “MANUAL DOBRE INSTALACIONES DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS” Chile, Pag 6.
- [12] M.D. Salas Maceda, “Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2021, Pag 23.

[13] M.D. Salas Maceda, “Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2021, Pag 33.

[14] M.D. Salas Maceda, “Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2021, Pag 29.

[15] M.D. Salas Maceda, “Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2021, Pag 27.

[16] C. Montoya Rasero, “Energía Solar Fotovoltaica”, escuela de organización industrial, 2011, pag 5.

[17] C. Montoya Rasero, “Energía Solar Fotovoltaica”, escuela de organización industrial, 2011, pag 6.

[18] C. Montoya Rasero, “Energía Solar Fotovoltaica”, escuela de organización industrial, 2011, pag 7.

[19] C. Montoya Rasero, “Energía Solar Fotovoltaica”, escuela de organización industrial, 2011, pag 8.

[20] Sol de Inírida, Gensa, ISE, “MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA FOTOVOLTAICA SOL DE INÍRIDA”, Guainía-Colombia, 2019.

[21] INI-00-OM-OM-ISE-001\_Rev00 MANUAL O\_M



## ANEXOS

- Ficha de operación de cableado de baja tensión.
- Ficha de operación del inversor
- Ficha de operación del transformador
- Ficha de mantenimiento.
- Ficha de Almacén.
- Ficha de Hoja de vida del inversor.
- Ficha de Hoja de vida de los módulos.
- Ficha de Hoja de vida de transformador y equipos de seccionamiento.
- Cronograma Project de actividades del año 2022.