# INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO

# CENTRAL TÉCNICO

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

Plan y diseño Eficiente de un modelo de red Inteligente (Smart Grid).

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD**

HIDALGO VERDESOTO STEVE SEBASTIAN

POTOSI CUSANGUA JHON PAUL

**Asesor:**

Pablo Andrés Morales Iles

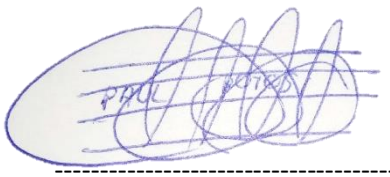
Quito-Ecuador, octubre del 2021

© Instituto Superior Tecnológico Central Técnico (2020).
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo Potosí Cusanguá Jhon Paúl, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológico Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



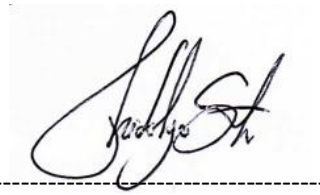
---

Potosí Cusanguá Jhon Paúl

## DECLARACIÓN

Yo Hidalgo Verdezoto Steve Sebastián, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológico Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Hidalgo Verdezoto Steve Sebastián

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Hidalgo Verdezoto Steve Sebastián y Potosí Cusanguá Jhon Paúl, bajo mi supervisión.

_____

Pablo Andrés Morales Iles

**TUTOR DE PROYECTO**

## AUSPICIO/AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Yo, Steve Hidalgo como representante en el proyecto Smart Grid hago un agradecimiento especial a todos y cada uno de los docentes que fueron un apoyo fundamental para finalizar el proyecto y hacer posible la presentación del presente trabajo de investigación.

Agradezco a las autoridades del instituto quienes fueron el apoyo inicial para dar paso al desarrollo de proyectos de esta categoría en el Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, en busca de formas y nuevas modalidades cuya finalidad es dotar de mayor experiencia a los afortunados pupilos.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres; Luis Hidalgo y Eva Verdezoto; y, Carmen Cusangua y Marco Potosí, por ser las principales personas en apoyar y guiar nuestros decisiones, sueños y metas en corto y largo plazo, por creer en nosotros, por los consejos y valores con los que nos han criado.

Agradecemos a todos nuestros docentes de la Carrera de electricidad del Instituto Superior Tecnológico Superior Central Técnico, por haber compartido de la manera más desinteresada sus conocimientos y experiencias durante la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. Andrés Morales Iles, tutor de nuestro proyecto, quien ha guiado y apoyado con paciencia y rectitud de docente.

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a nuestros padres, por su apoyo en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado alcanzar este objetivo y convertirnos en profesionales. A todas las personas que durante este trayecto nos han apoyado y han hecho posible que concluyamos con éxito.

# (Efficient plan and design of a smart grid model (Smart Grid)).

# Plan y diseño Eficiente de un modelo de red Inteligente (Smart Grid).

**Jhon Paul Potosi Cusangua**[1] **Steve Sebastián Hidalgo Verdezoto** [2]

[1] *Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador*
*E-mail: paulpotosi1995@gmail.com*
[2]*Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador*
*E-mail: steve1998hidalgo@gmail.com*

**Resumen-**

El sector eléctrico está experimentando cambios importantes tanto a nivel de gestión como a nivel de mercado. Una de las claves que está acelerando este cambio es la penetración cada vez mayor de los sistemas de generación Distribuida y energías renovables. La complejidad del escenario que se prevé a futuro, exige que los equipos de la red tengan la capacidad de interactuar en un sistema mucho más dinámico que en el presente, donde la interfaz de conexión deberá tener la inteligencia necesaria y capacidad de comunicación para que todo el sistema pueda ser gestionado en su conjunto de manera eficaz. En la actualidad estamos siendo testigos de la transición desde el modelo de sistema eléctrico tradicional hacia un nuevo sistema, activo e inteligente, que se conoce como Smart Grid.

En esta investigación, se evaluó la eficiencia de una interfaz Smart Grid para monitoreo y control en pruebas de simulación. En los ensayos de laboratorio se probaron perturbaciones en los diferentes componentes de transformación y distribución en la red pública ecuatoriana y se elaboraron curvas de respuesta, transitorios y respuesta del sistema en modo isla. El diseño de red presento 50 % reducción en pérdidas por maniobra y mantenimiento. Con los resultados obtenidos se diseñó modelos de acople de sistemas fotovoltaico con monitorización de estándares operativos según la Regulación No. CONELEC-004/11.

Palabras clave: Smart Grid, perturbaciones, armónicos, factor de potencia, Scada, sistema fotovoltaico.

**Summary**-

The electricity sector is undergoing important changes both at the management level and at the market level. One of the keys that is accelerating this change is the increasing penetration of Distributed generation systems and renewable energies. The complexity of the scenario that is expected in the future, requires that the network equipment have the ability to interact in a much more dynamic system than in the present, where the connection interface must have the necessary intelligence and communication capacity so that everything the system can be managed as a whole effectively. We are currently witnessing the transition from the traditional electrical system model to a new, active and intelligent system, known as the Smart Grid.

In this research, the efficiency of a Smart Greed interface for monitoring and control in simulation tests was evaluated. In the laboratory tests, disturbances in the different transformation and distribution components in the Ecuadorian public network were tested and response curves for current, voltage, transients and response of the system in island mode were elaborated. The network design presented 50 % reduction in losses due to maneuvering and maintenance.

With the results obtained, coupling models of photovoltaic systems were designed with monitoring of operating standards according to Regulation No. CONELEC-004/11

Keywords: Smart Grid, disturbances, harmonics, power factor, Scada, photovoltaic system.

## 1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la expansión de consumos eléctricos y la constante evolución de topologías de red eléctricas, la tendencia para adaptar sistemas de distribución centralizada en distribuida se ha vuelto rentables gracias al aumento de uso de energía solar para consumo o generación.

Según una investigación (Kumara & Bhimasingua, 2015) señala que la topología radial se caracteriza por ser económica y configuración lineal en la cual la coordinación de protecciones resulta sencilla ante un mantenimiento, la desventaja de ésta configuración se debe a la tardía reconexión del servicio en caso de un fallo en las líneas de sub-transmisión o distribución, en su lugar se propone el uso de una red en topología de anillo sobre una mallada ya que en esta ultima el dimensionamiento de protecciones se eleva causa del aumento de corriente en el sistema, en parámetros de funcionamiento una red anillo junto al sistema de monitoreo y control bidireccional otorga una confiabilidad de servicio del hasta en un 90%.

Una normativa de la Agencia de regulación y control de telecomunicaciones. (IEC61158 e ISA s50.02); Establece al protocolo de comunicación de campo Profibus, como óptimo para transferencia rápida de información. La topología anillo propone una configuración más dinámica ya que en esta la coordinación de protecciones se vuelve bidireccional para asegurar su correcta operación en distribución, la manera en que se aprovecha el anillo es interconectando la red en diferentes puntos de conexión tanto principales como auxiliares y previo a un dimensionamiento se define los máximos puntos de eficiencia, tanto a nivel mecánico como técnico, en la etapa de medición es posible gracias a sensores de corriente, voltaje, analizadores de potencia en tiempo real colocados en los seccionadores, y re-conectadores. Toda la instrumentalización presente en el diseño de red inteligente se rige a través de algoritmos de protección con lo cual se asegura un constante flujo del estado de la red y de las centrales de generación fotovoltaicas en funcionamiento conjunto a la red eléctrica supervisado por un Sistema de control y adquisición de datos (SCADA).

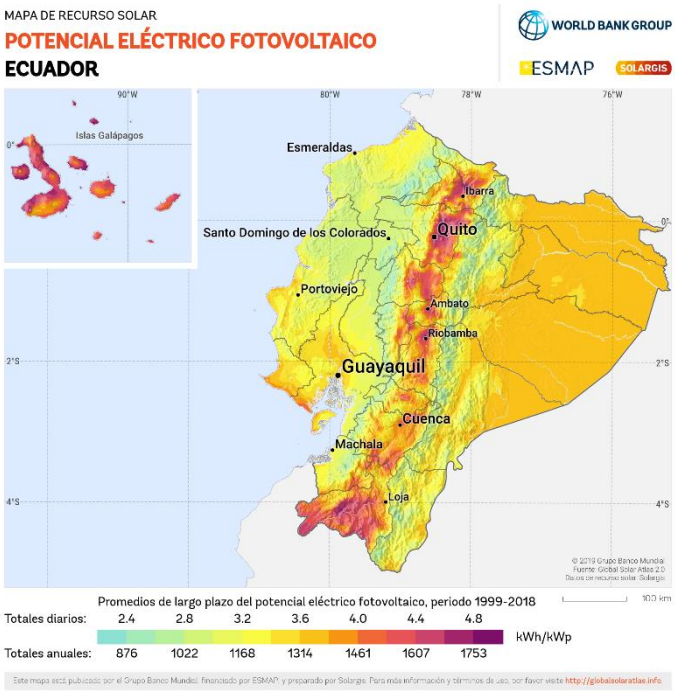



Ilustración 1: Sinergy," Mapa Irradiación solar Potencial eléctrico fotovoltaico ,"*CONELEC. Atlas solar del Ecuador. Technical report, 2008.*

Por estandarización el SNI (Sistema Nacional Interconectado) opera con 500 kV, 230 kV en transmisión, 138 kV para sub-transmisión y 69-46 kV, 23-13.8 Kv en distribución (Agencia de regulación y control de electricidad, Resolución Nro. ARCONEL-074/17). Para que la red tenga una estructura más flexible se requiere de la Generación distribuida de centrales renovables las cuales cumplen un papel no solo para la reducción del uso de centrales térmicas si no con una mayor interacción del usuario final con el sistema de distribución impulsando cada vez más al desarrollo de tecnologías de energías renovables. Según un estudio... («ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA», 2008), el Ecuador por estar ubicado en el meridiano cero (Línea ecuatorial) posee una mayor concentración de radiación solar durante mayor parte del año en especial en la zona sierra a comparación de otras zonas del globo.

La presente investigación de carácter exploratoria contempla el uso de dos centrales de generación fotovoltaica con una capacidad de carga de 25 y 12.5 kW usadas en operación de isla para finalidad

de generador auxiliar ante una alta perturbación de voltaje o frecuencia provocando ausencia del servicio eléctrico.

**Parámetros y confiabilidad.** Las normas DI-EP-P001-D001(“Guías de diseño para redes de distribución” E.E.Q Parte A) y DI-EP-P001-D003 (“Guías de diseño para redes de distribución” E.E.Q Parte C). El sistema SCADA (System control and data adquisition) es la esencia del Smart Grid gracias a la cual es posible el monitoreo y control de la red. Dado el trabajo en conjunto tanto de las capas de software y hardware se considera al modelo Smart Grid presente como eficiente

## 2. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionó una red eléctrica pública, donde la carga instalada en uno de sus tramos se supera frecuentemente.

Se tomaron 6 bloques de distribución con base al diseño establecido en la normativa para sistemas de distribución (Parte B DI-EP-P001-D003). Con el fin de reducir la cargar en los sectores de sobrecarga, se añadieron 3 re-conectadores a nivel de medio voltaje denominados como REC-0, REC-1, REC-2.

La experimentación se desarrolló en tres fases. La primera fase consistió en la realización del análisis de diseño para la elaboración de diseño y el cálculo de conductores con las menores caídas de voltaje; el conductor empleado en este diseño de red es un ASCR 3/0(Conductor desnudo de aluminio AA reforzado con acero galvanizado) el mismo que está homologado por la norma NTE INEN 2 17(Conductores de aluminio cableado concéntrico, reforzado con núcleo de acero recubierto (ACSR) Y ASTM B230 (Alambres de aluminio, aleación 1350-H19 para propósitos eléctricos).

La segunda fase correspondió al desarrollo de pruebas de laboratorio Smart Grid Lucas Nulle, donde se registraron los principales parámetros de emulación en las líneas MV y LV, antes y después de perturbaciones en la red. La tercera fase consiste en el desarrollo del programa de control y adquisición de datos, en el software Labview de National Instruments en este se programó usando lenguaje gráfico para simular fallos de cortocircuito en tiempo real, reconexión de red y monitoreo de datos usando el siguiente diagrama de flujo.

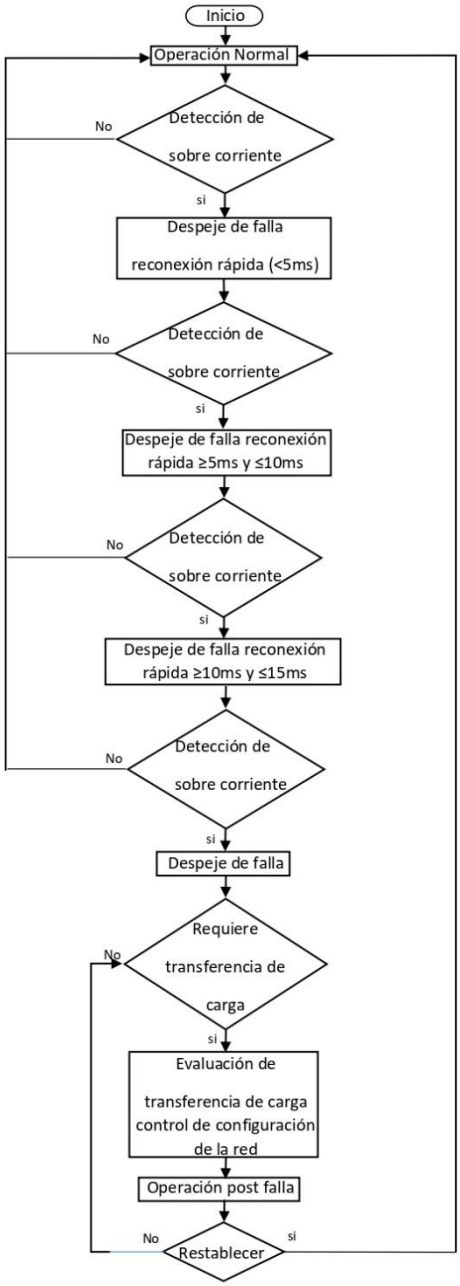



*Figure 1: Hidalgo, S. (2020). Diagrama de flujo control smart grid.*

**,**el análisis de calidad de ondas, perturbaciones por armónicos, valores de operación, simulación de maniobras ante un evento de falla de mayor duración a la permitida por la Norma para sistemas de distribución ((«Equipos de protección y

seccionamiento», 2014), Labsoft de Lucas Nule; este software arrojo gráficos estadísticos con un avanzado sistema de medición y comunicación con equipos de laboratorio usados para las pruebas de simulación de los sistemas fotovoltaicos acoplados en la red.

### A. Cálculo y selección del mejor modelo con pruebas de software.

Por medio de fórmulas de diseño se determinaron las características mecánicas de los conductores y de los re-conectadores de media tensión; y la eficiencia del algoritmo de control al aplicarse fallas de cortocircuito en los tramos de distribución.

1) *Clasificación de pruebas en líneas: se realizaron los siguientes escenarios:*

•Cortocircuito línea a línea

•Cortocircuito línea a tierra

•Sobrecarga en línea de sub-transmisión

•Sobrecarga en línea de distribución

2) *Clasificación de pruebas en protecciones:*

•Falla en apertura o cierre de protección principal

•Falla en apertura o cierre de protección secundaria

•Salida de subestación por maniobras

3) *Evaluación de la eficiencia de protecciones bajo control de SCADA:*

se efectuaron pruebas con los respectivos seccionadores y re-conectadores con y sin el algoritmo de control; se realizó una línea base a un tiempo de respuesta menor a 10 ms. Cada bloque de control se programó por separado con comunicación bidireccional a todo momento con el sistema, y en todos los casos con los bloques de control se usó limitadores de operación para la matriz de operación. Con los valores tabulados se realizaron los siguientes análisis:

• Variación de potencia, en cada sector de carga

• Variación de corriente, tanto en líneas de trasmisión como de distribución.

• Variación de voltaje, principalmente en puntos de trasformación

### B. Validación de la eficiencia de los actuadores de protección en pruebas de laboratorio

Se evaluó la eficiencia del tiempo de respuesta de apertura y cierre de los nodos de conexión del anillo de red, de medio voltaje. El control de este bloque corresponde a los re-conectadores mismo que proporcionó líneas de alimentación auxiliar como alternativa a la desconexión del servicio en caso de que la falla no fuera de naturaleza transitoria. El proceso de validación incluyó:

1) *Diseño de los bloques de medición:*

Con base en el rango de corriente y voltaje a manejarse, se dimensiono amperímetros y voltímetros digitales dentro de la norma IEC 62271. Con la topología existente se propone un diagrama de conexión anillo.

2) *Evaluación de la topología anillo y control SCADA en simulación:*

Consistió en el monitoreo de las variables y condiciones operacionales en las líneas de flujo antes y después la adición de los sistemas fotovoltaicos y de los re-conectadores. Las variables analizadas para la evaluación fueron:

• Voltaje RMS.

• Corrientes pico y nominal

• Potencias pico y nominal

• Potencias por reactivos

• Temperatura en terminales de SFV (sistemas fotovoltaicos)

• Porcentaje de pérdidas por fallas

La prueba de laboratorio se realizó en x días, distribuidos como se muestra en la Ilustración 3) El sistema Scada se enfocó en tres puntos:

• Funcionamiento de la red con apertura de bypass de SFV (funcionamiento en modo isla), (días x y x)

• Funcionamiento de la red con cierre del SFV (operación en paralelo). (días x y x)

• Tiempo de respuesta del sistema ante una condición de fallo. (días x y x)

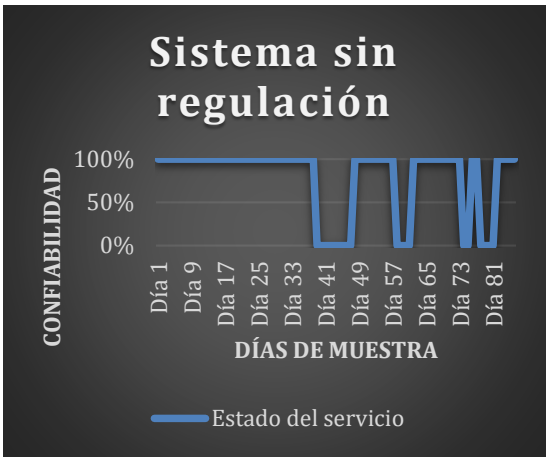
Las curvas de comportamiento se fijaron en Sus PMP (puntos máximos de potencia) para los SFV lo que indica que en un 80% del tiempo son viables como líneas auxiliares, en cuanto a las perdidas por desconexión se observó una amortización de hasta un 30% ya que se reducen tiempos en logística y mantenimiento, en relación a las primeras pruebas sin los SFV. Durante la prueba de corto circuito no transitoria se conservó las lecturas de calidad de onda.

## 3. Resultados

### 3.1. Estadístico de datos.

Según dice su significado algoritmo es un Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.

Para sustento de los siguientes resultados el programa se rige por una comunicación bidireccional desde el ultimo estrato al más alto dando como idea primaria la monitorización global del Smart Grid, en la siguiente tabla se evidencias las perdidas por operación en la red vs le desempeño del diseño para mitigar al máximo las ausencias del servicio eléctrico.




Gráfica 1:Señal de regulación de SCADA

La operación normal de la red lleva una topología de red anillo, la misma que a través de 3 re-conectadores genera un arreglo capaz de entregar casi permanentemente de servicio a los usuarios alternando distintos nodos de conexión entre dos Sub estaciones de distribución.

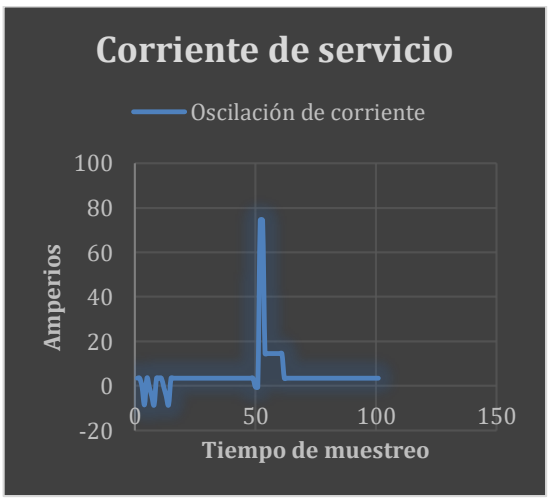
En el caso de estudio generado por la red posee dos fuentes de energía renovable convencional, este recurso a un en explotación como forma de sistema sustentable en conjunto con un Smart Grid eficiente es capaz de generar la energía suficiente para alimentar áreas donde éste suministro es crítico, tal fue el caso de áreas residenciales con densidad de carga de media (37,5-50 KVA). El dimensionamiento para la selección de equipos mínimos necesarios se seleccionó basándose para una eficiencia del 85% y una radiación solar pico de 1000 w/ $m^2$ a una temperatura de 25 ℃. El elemento fundamental del Sistema fotovoltaico no aislado es el panel fotovoltaico que cumplen la norma IEC-61215 usado para la cualificación del diseño y homologación de módulos de silicio cristalino para uso terrestre. La Tabla 2 pertenece a los datos de placa del panel solar.

| Módulo solar | |
|---|---|
| **Tipo de celda** | **Poli cristalino** |
| **Tensión de circuito abierto** | **26 (V)** |
| **Corriente de circuito** | **650 (mA)** |
| **Potencia nominal** | **10 (W)** |

Tabla 1:Datos de placa .Panel solar poli cristalino .

Un proceso de gestión inteligente controla tanto los generadores como las cargas, bajo el mando de los seccionadores de barra en los centros de transformación.

La manera en la que el sistema alterna entre un consumo tradicional y uno de recurso solar es posible con equipo de seccionamiento solido al vacío debido a que su cierre y apertura se realizan bajo carga llamados Bypass de los cuales se cuentan con 4 dos de ellos pertenecen a la red para que la carga salga de sistema de forma adecuada sin provocar perturbaciones en el balance de las cargas, y los dos restantes tienen la finalidad de cerrar el circuito de carga para la energía producida por la micro planta fotovoltaica y así ser aprovechada sin necesidad del tradicional despliegue de logística, recursos hombre mínimos requeridos a intervenir en la transición




Gráfica 2:Correinte de servicio eléctrico

## 4. Equipo e instrumentación

Para una mejor explicación de los procedimientos llevados a cabo en la sección diseño es necesario se explica características y comportamiento técnico de los equipos e instrumentos de medición usados en la Smart Grid

### *a) Sistema Fotovoltaico*

*Figure 2:Módulo solar policristalino de 10 W Lucas Nule*

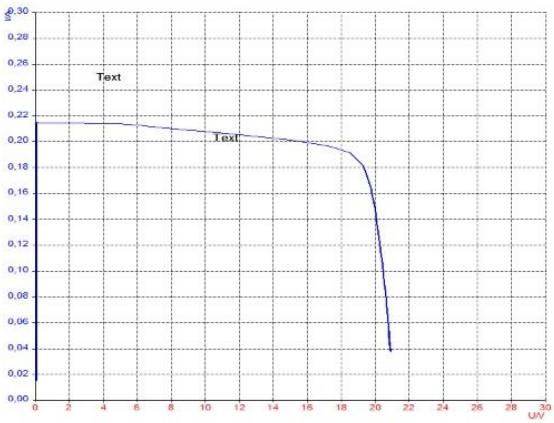
Como es de esperar un panel fotovoltaico por sí solo no es capaz de generar corriente alterna para ello se apoya de una serie de equipos tales como inversor, Regulador de carga, Banco de baterías en el caso de que sea un sistema en isla no requiere de un medidor bidireccional caso contrario si. En el sistema propuesto se dimensiono las capacidades de los equipos basados en los criterios base de diseño de sistemas fotovoltaicos establecidas en el Atlas Solar del Ecuador (Conelec, Consejo Nacional de Electricidad. (2008). Atlas solar del Ecuador. http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf) y la norma Thermie B SUP 995-96, EC-DGXVII, 1998, que describe valores umbral y límites de dimensionamiento para los SHS (Solar Home Systems).

Todos y cada uno de los equipos están relacionados por 6 variable básicas:

- Radiación solar mensual: En el país según el National Renovable Energy Laboratory (NREL) su valor promedio es 1000w/$m^2$
- Voltaje de salida del panel: Se rige a los valores de fábrica, pero sus valores comerciales comunes son 12v, 24v y 48v, los paneles usados en pruebas de laboratorio tienen una salida de 24v y corriente de cortocircuito de 650mA

- Días de autonomía: Esta mediante posterior cálculo determinara la cantidad de paneles y baterías óptimos para dicha cantidad de días
- Potencia y rendimiento del panel solar
- Factor económico: Generalmente el capital de inversión inicial para este tipo de proyectos suele ser elevado, pero su tasa de reingreso se justifica en la disminución de pago por energía producida a partir de combustibles fósiles o energía de exportación
- Demanda total efectiva AC y DC: Variable la cual es el resultado de las cargas promedios de un sector que cubrirá el sistema.

Si el SFV es una medida para incrementar la confiabilidad del sistema y entregar al usuario final una mayor conciencia del uso de energía eléctrica se requiere de equipos con un rendimiento y vida útiles aceptables, con lo cual hasta el momento se obtuvo en la curva I-V perteneciente a un panel solar en condiciones normales de operación a 25 °c sin sombra.




Gráfica 3: Curva característica intensidad-voltaje del módulo panel solar Lucas Nulle.CO3208-1B)

### *b) Re conectador Automático*

Parte fundamental para ser considerado una Smart Grid optima es la supervisión de parámetros en el cual la relación de los usuarios es esencial, de manera regular la red supervisa los históricos de consumo en cada sector de consumo por separado, en mencionados datos comprende no solo los rangos y tiempos de uso si no, también las fallas de corriente o voltaje. A estos datos obtenidos gracias a Amperímetros colocados en los re-conectadores tanto a nivel de alto y bajo voltaje en términos estándar son aplicados:

- Pronta ubicación de fallas: La ventaja que ofrece una pronta respuesta ante un desperfecto mecánico se refleja en la reducción de gastos y mejora del servicio, ya que estos equipos están programados para actuar despejando la falla, ésta orden está gobernada por el SCADA que busca la anulación de anomalías en valores de corriente analizando su intensidad y tiempo de duración.
- Monitoreo constante del material de la red: La recopilación a varios niveles de corriente o voltaje con la correcta interpretación de esta información brinda una aproximación al grado de vida útil que posee determinado elemento, basado en el incremento de corriente que se traduce por efecto Joule en puntos calientes, que para departamentos de mantenimiento indica puntos calientes causantes de pérdidas de energía.

*Figure 3:Reconectador Noja Power OSM46 Monofásico*

Los Reconectadores automáticos de la empresa Noja Power están diseñados para uso en líneas de distribución aéreas y en aplicaciones de subestaciones con voltajes de 15kV, 27kV, 38kV y 46 KV respectivamente.

Cuenta con una fácil integración dentro del esquema de control y distribución automatizado, adicional incorpora un módulo de comunicaciones.

Otra característica necesaria que analiza el diseño

es la capacidad de apertura bajo carga, esta última es primordial y es posible a que esta clase de equipo posee aislamiento dieléctrico solido que proporciona control de ventilación de fallas al arco, respaldando una importante característica de seguridad para futuros trabajos energizados en red

***c) ¡Módulo de control y comunicación.***

*Figure 4:Cubículo de control & comunicaciones Noja Power IP66/NEMA 4*

Una breve explicación del quipo detalla sus funciones de control y comunicaciones provee fallas de tierra, reconexión automática, medición instantánea, registro de eventos

Parte del desempeño del Smart Grid como se evidencia anteriormente recae en la aplicación de software de control.

El software de terceros usado para la creación del SCADA se denomina LabView de National Instruments, mismo que se usa en automatización de procesos industriales y comunicación de autómatas programables de múltiples marcas, entre las funciones Básicas del Software Labview está la facilidad de crear simulaciones y recopilación de datos para infinidad de propósitos.

La razón de usar un software de National Instruments fue su compatibilidad con los módulos de comunicación conectados a las protecciones inteligentes mismos que captan toda la información requerida en paquetes de datos en la terminal de los Equipos Noja Power fabricantes de los re-conectadores de automáticos de aislamiento dieléctrico sólido y Lucas Nule proveedores del esquipo de laboratorio de plantas fotovoltaicas.

5. Discusiones

En el rango abarcado en este trabajo, los resultados dejan en evidencia la falta de innovaciones en el sector industrial a nivel de país respaldado por el panorama vivido en la pandemia. El principal desafío para un desarrollo más amplio en esta clase de diseño de redes inteligentes se centra en las formas de comunicación e interpretación de la información no solo de operadores sino entre maquinas, para lo cual fue necesario buscar más allá de las redes de comunicación convencionales, en la matriz de producción ecuatoriana la manera de manejar la información a resultado obsoleta ante los actuales cambios que viven países de primer mundo. (World economic fórum, 2018)

Forzando a digitalizar empresas, simplificar procesos y eliminar plazas de trabajo ocasionando una crisis económica a nivel de consumidores, para avanzar en la productividad se considera articular el crecimiento exponencial de innovación en equipos inteligentes con políticas oportunas para la generación de fuentes de crecimiento socioeconómicas. El potencial que presentan los modelos de red inteligente no se limitan a líneas de distribución o líneas de montaje, a corto plazo se considera un reto, para una proyección de 10 años será una necesidad que aporta a la competitividad multilateral, esto se considera un tema de inversión para a futuro conseguir sostenibilidad.

Modelos de estudio del futuro de energías no convencionales en países pequeños

Para todo proceso de planificación lo rige una serie de pasos entre los cuales se encuentran normas encargadas de estandarizar el funcionamiento de dichos modelos, cuya finalidad de que en la practica el uso de estos modelos resulte seguro y eficiente, para la presente investigación las normativas usadas han sido Normas INEN(Instituto Ecuatoriano de Normalización), Regulaciones del ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad), de los cuales fueron tomadas en cuenta aquellas que regulaban estándares para el servicio eléctrico público.(INEN_IEC,2015).

Hay que considerar que el presente estudio no detalla valores de inversión, para complementarlo se sugiere efectuarse evaluaciones económicas, así como análisis de flujos de carga, perturbaciones de origen mecánico y eléctrico entre los principales. El estudio para fuentes de energía no convencionales en conjunto funcionamiento con las redes eléctricas locales incentiva la implementación de proyectos que mejoren la gestión de distribución de la energía, dando paso al desuso gradual de métodos de generación contaminantes.

## 6. Conclusiones

-De una comparación en la eficiencia de las redes eléctricas convencionales vs las redes inteligentes los resultados muestran mayor rango en el área de gestión de calidad y uso de la energía, adicional la operación de islas fotovoltaicas, favorece la aplicación de nuevas mejoras en los campos de control y automatización. En rango más amplio la información que se recoge del uso de módulos de comunicación, usada de manera correcta beneficia áreas de consumo y de producción energética.

-El diseño de la plataforma de gestión de datos moderna demanda un mayor conocimiento en protocolos de comunicación y necesidades de servicio. Esto debido a la mayor conectividad presente en el campo técnico y tecnológico, Con el diseño de red inteligente se abarca parte de la denominada industria 4.0, comunicando equipos a gran distancia sin uso de cableado tradicional, ésta forma es conocida como, Device-to-Cloud (dispositivo a la nube) almacenando e intercambiando datos en la nube haciendo uso de protocolos de comunicación de red http, TLS, TCP, IP. El modelo conecta todo equipo pasivo directamente a un servicio en la nube.

El empleo de dispositivos capaces de comunicarse con fabricantes de terceros, resulto determinante para una viabilidad optima del proyecto, Estos dispositivos al ser considerados parte de la IoT(Internet of things) fácilmente simplifican una red de control, anteriormente propuesta. La manera en que los equipos generan y reciben datos se resolvió usando Device-to-Gateway (dispositivo a puerta de enlace). En este modelo puerta de enlace, el dispositivo de la IoT se conecta a través de un servicio ALG (Gateway layer application) como una forma de llegar a un servicio en la nube, corriendo el software del control del SCADA como puerta de enlace local, que actúa como intermediario entre el dispositivo y el servicio en la nube, provee seguridad y otras funcionalidades tales como traducción de protocolos o datos

-El desafío de interoperabilidad con una red existente representa dos o más dispositivos que se conectan y se comunican directamente entre sí y no a través de un servidor de aplicaciones intermediario. Estos dispositivos se comunican sobre muchos tipos de redes, entre ellas las redes IP o la Internet. El enfoque de comunicación full dúplex, resuelve el tráfico de datos, con esta comunicación flexible favorece a los fabricantes de ya no invertir en desarrollar la forma de implementar formatos de datos específicos de diferentes dispositivos, gracias a lo que representa el cambio a la red inteligente que fue eficiente en gestionar, organizar y discriminar cantidad de datos de variables estándares en tiempo real. Estos modelos destacan la flexibilidad en las formas en que los dispositivos de la IoT pueden conectarse aportando valor para desarrolladores y usuarios.

-En la red inteligente, no solo los operadores visualizan información con los debidos ajustes el usuario final es capaz de almacenar y gestionar su información de consumo, en dispositivos capaces de conectarse a internet. De la información almacenada del sector de diseño en sobrecarga, la creación de una isla fotovoltaica resulto una conveniente solución para analizar el comportamiento de estos sistemas generadores no convencionales, aportando en largo plazo al diseño de redes SCADA opciones para empezar a dejar de lado la problemática de insuficiencias en el servicio eléctrico en sectores de continuas perturbaciones. Para el presente proyecto el sistema de generación fotovoltaica no presento inconvenientes por la ubicación de la geográfica seleccionada.

-En cuanto al comportamiento del sistema mediante experimentación determinamos que a partir del valor base de intensidad de radiación en el globo de 100 W/qm.; Los módulos fotovoltaicos elevan la rampa de respuesta de voltaje hasta que la misma normaliza su comportamiento llegando al valor cercano de generación eficiente con una

radiación de 400 W/qm. De esta prueba se confirma que gracias a los arreglos internos del emulador de planta fotovoltaica y el inversor prioriza un mismo valor de voltaje de generación variando el nivel de corriente que es capaz de entregar al sistema en conjunto con la cantidad potencia de consumo. Adicional en la prueba de laboratorio se emuló condiciones de generación en los terrenos de prueba dando valores satisfactorios en comparación de condiciones ideales de generación.

-Los modelos de sistemas en modo isla independiente de las dimensiones, es definido por los picos de tensión generados por los procedimientos de conmutación entre la red eléctrica y la generación no convencional, mismos valores pico son manejados en reconectadores inteligentes evitando no solo así desgaste mecánico sino también eliminando aquellas variaciones abruptas de voltaje al momento de restablecimiento del servicio a su estado normal de funcionamiento.

## 7. Referencias.


Conelec consejo nacional de electricidad. (2008). Atlas solar del ecuador con fines de generación eléctrica. Corporación para la investigación energética, 51. Retrieved from http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/atlassolar.pdf

Quito, e.e.q(s.a). Equipos de protección y seccionamiento. (2014).normas de diseño para sistemas de distribución parte a: vol. A (pp. 151–153).

Key aspects of smart grid design for distribution system automation: architecture and responsibilities. (2015). Procedia technology. Published.

Resolución nro. 074/17. (2017). Directorio de la agencia de regulación y control de electricidad –arconel.

Chowdhury, abishi and a raut, shital, benefits, challenges, and opportunities in adoption of industrial iot (march 28, 2019). International journal of computational intelligence & iot, vol. 2, no. 4, 2019, available at ssrn: https://ssrn.com/abstract=3361586

Tschofenig, h., arkko, j., thaler, d., & mcpherson, d. (2015). Architectural considerations in smart object networking. Rfc, 7452, 1-24.

Hidalgo, s. (2021). Diagrama de flujo programa control smart grid [gráfico]. Https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/074-17.doc.pdf

Minem. (2015). Especificación técnica del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural. Retrieved from https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/eett sistemas fotovoltaicos y componentes.pdf

Alonso montes, j., franco beltrán, c., garcía, mellado, f., miguel pérez, s., plaza fernández, j., & victoria, r. G. (2004). La situación de las tecnologías wlan basadas en el estándar ieee 802.11 y sus variantes (“wifi”). Depósito legal: m (p. 165). Retrieved from http://www.coit.es

Sixto-costoya, a., aleixandre-benavent, r., vidal-infer, a., lucas-domínguez, r., & castelló-cogollos, l. (2019). Data sharing: qué son y cómo se pueden compartir los datos de investigación. Manual de recomendación para gestores de la información. Documentos de trabajo. Sedic (p. 41).

Arconel. (2018). Proyecto de regulacion consumidores con sistemas fotovoltaicos de baja capacidad. Octubre 2018 (p. 32).

Greer, c. , wollman, d. , prochaska, d. , boynton, p. , mazer, j. , nguyen, c. , fitzpatrick, g. , nelson, t. , koepke, g. , hefner, a. , pillitteri, v. , brewer, t. , golmie, n. , su, d. , eustis, a. , holmberg, d. And bushby, s. (2014), nist framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 3.0, special publication (nist sp), national institute of standards and technology, gaithersburg, md, [online], https://doi.org/10.6028/nist.sp.1108r3 (accessed july 26, 2021)

Cener. (2019). Últimos desarrollos en métodos de ensayo para sistemas fotovoltaicos. Retrieved from https://www.irena.org/eventdocs/forum on regional cooperation/1225_quality of the pv system_javier diaz.pdf

Lorenzo, e., rapallini, a., & egido, m. (2001). Norma técnica universal para sistemas fotovoltaicos domésticos, thermie b sup 995-96, ec-dgxvii.

Norma técnica ecuatoriana, n. I.-i. 61215. (2014). Módulos fotovoltaicos (fv) de silicio cristalino para uso terrestre.cualificación del diseño y homologación (iec 61215:2005, idt). Inen.

Norma técnica ecuatoriana, n. I.-i. 61215. (2014). Módulos fotovoltaicos (fv) de silicio cristalino para uso terrestre.cualificación del diseño y homologación (iec 61215:2005, idt). Inen.

Ponce, j. M. A. (2019). La energía solar fotovoltaica distribuida y las smart grid como modelo para diversificar la matriz energética de ecuador. Retrieved from repositorio.http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ed-pg-tecind-maponce/ponce_jara__marcos_antonio_tesis.pdf