

# La Generación Distribuida: Retos frente al Marco Legal del Mercado Eléctrico Ecuatoriano

E. Fernando Durán

*Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. - Universidad de Cuenca*

**Resumen**— El análisis de la normativa enfocada en el concepto de la Generación Distribuida, la evolución en tecnologías, la importancia de la seguridad energética y la diversificación de la matriz con energías renovables, la necesidad de reducir la dependencia en combustibles fósiles, exige que se fomenten en el Ecuador nuevos proyectos de recursos renovables no convencionales. La GD debe ser parte del modelo de negocio a la par del advenimiento de las redes inteligentes, esta evolución exige la revisión y estudio detenido y especializado de normas de concesión, impactos en la red, medidas para de mitigación de riesgos. Los vehículos eléctricos híbridos, dispositivos de almacenamiento, micro redes inteligentes, podrán ser realidad si se parte de la experiencia y lecciones aprendidas de países que van a la delantera.

**Palabras clave**— Mercado Eléctrico, Matriz Energética, Generación Distribuida (GD), Sistema de Distribución (SD), Inerconexión Eléctrica.

**Abstract**— An analysis on the regulations regarding the concept of Distributed Generation, technology developments, the importance of energy security and diversification of the energy matrix with renewable energy, and the need to reduce dependency on fossil fuels, all demand that Ecuador develop new non-conventional projects for renewable energy sources. The DG should be part of the business model together with the coming of smart grids, and such developments call for a careful and specialized study and review of concession regulations, energy grid impacts, and risk mitigation measures. Electric hybrid vehicles, storage devices, and smart micro grids could become a reality if based on the experience and lessons learned by leading countries.

**Index Terms**— Electricity Market, Energy Matrix, Distributed Generation (GD), Distribution System (SD), Electric Power Interconnection.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los países en la región y el orbe, han producido un importante incremento en el número de instalaciones de Generación Distribuida (GD). Con ello han surgido nuevos requerimientos en los SD: el incremento o reducción de las pérdidas, la necesidad de reforzar la capacidad de las líneas y subestaciones (centros de transformación) para dar espacio a los nuevos flujos de potencia inyectados por la GD o a la inversa, podría requerirse la reducción del volumen de inversiones en repotenciar en las redes (generar en puntos cercanos a la demanda reduce los flujos de energía).

La conexión de estos generadores en los niveles más bajos del esquema jerárquico altera dicho esquema, planteando una serie de problemas de naturaleza técnica y regulatoria.

Las actuales regulaciones en la mayoría de los países de América Latina no tienen la madurez y sobre todo los elementos legales, técnicos y económicos que incorporen las tarifas y medidas que permitan el acceso con costos preferenciales o eventualmente contar con normas para el libre uso de las redes para la inyección de nueva generación.

Aún en países que han realizado estudios previos, no se dan criterios uniformes de la interconexión de la Generación Distribuida, es un modelo que requiere mucha apertura en la negociación de las partes para que se consigan los beneficios en ambas direcciones.

Se buscan establecer los posibles efectos adversos que encuentra la GD e identificar los desafíos a superar y obstáculos de la regulación para adopción de la configuración de la red de distribución y los estudios para identificar las señales que permitan calificar y evaluar aquellos proyectos de Generación Distribuida que buscan su espacio en el sistema eléctrico, en un entorno regulatorio lo más claro y consistente y respaldado del correspondiente análisis técnico-económico.

## 2. DEFINICIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA [1]

El concepto y desarrollo de la denominada “Generación Distribuida (GD)” no es nuevo, pero hoy en día se orienta al uso estratégico de unidades modulares, las que pueden ser proyectadas para instalarse aisladas de la red o mejor operar interconectadas a la red próxima a los puntos de consumo. Varias definiciones se dan en las referencias [2][3][6][8]

El crecimiento del mercado eléctrico y el progreso técnico, han impulsado a que el tamaño óptimo de la generación disminuya en relación al tamaño del mercado y a la capacidad financiera privada.

Actualmente se disponen de tecnologías que producen la energía eléctrica primaria utilizando generadores pequeños y a menor costo \$/MW generado.

La GD por sus dimensiones y ubicación puede conectarse a la red de distribución (subtransmisión) y su energía será consumida en el lugar; evitando o difiriendo costos de inversión en transporte, como también las pérdidas de energía que se producirían si tal red se ampliara. [4]

No existe una definición universalmente aceptada sobre que es Generación Distribuida y en que la diferencia de la generación centralizada, algunos de los atributos que la caracterizan son [3]:

- No es centralmente planificada.
- No siempre es centralmente despachada.
- Usualmente conectada a la red de distribución.
- Menor a 50 MW.

La definición más difundida es la de IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers):

"Generación Distribuida corresponde a la producción de energía eléctrica mediante instalaciones suficientemente pequeñas en relación con la generación centralizada, de manera que permiten la interconexión en cualquier punto de la red, siendo un subconjunto de recursos distribuidos del sistema de distribución".

En la Fig. 1 se representa el sistema eléctrico de potencia en el ámbito de la subtransmisión (transmisión regional) y en especial en las redes de distribución.

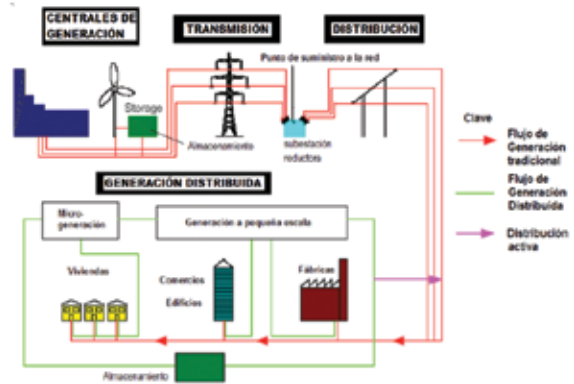


Figura 1: SEP con Generación Distribuida (Embebida) [7]

### 2.1. Clasificación de la GD

Por variaciones en las definiciones, las distintas acepciones se discuten por medio de una clasificación para completar el amplio concepto de la generación distribuida:

- El propósito;
- La localización u ubicación;
- Calificación por rango de capacidad;
- Área de entrega de potencia;
- Tecnologías;
- Impacto ambiental;
- Modo de Operación;
- La penetración de generación distribuida.

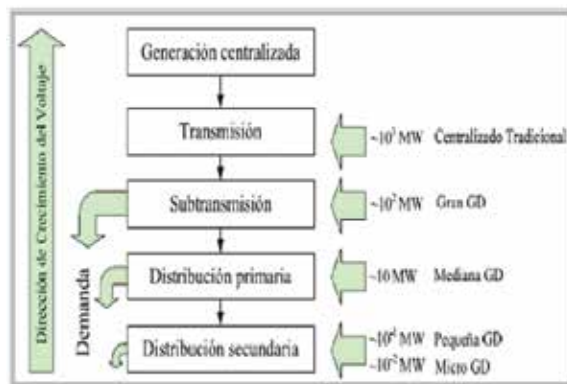


Figura 2: Localización por Crecimiento del nivel de Tensión en el SD y rango de la GD

Se describirán las cualidades más representativas.

#### B. Localización

La ubicación es virtualmente cualquiera en la red de distribución y hacia la subtransmisión, con limitaciones prácticas de tensión en función de la potencia como se muestra en la Fig. 2.

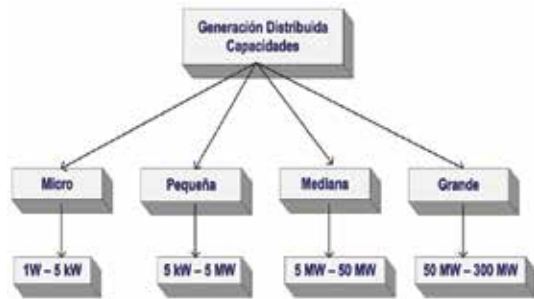


Figura 3: Rango de capacidades de la GD [12]

### C. Definición GD por el rango de capacidad MW [3]

#### 2.2. Indicadores de integración de la GD [10][11] significación de la GD

Una caracterización cuantitativa de la Integración se puede hacer conociendo la definición de la cantidad y capacidad de las fuentes de generación.

#### Nivel de Penetración [11]

La definición del El Nivel de Penetración de la GD (% Nivel GD), interpreta la fracción de la carga/demanda total del sistema (P<sub>Load</sub>) que va a ser suplida por la GD, siendo definida o evaluada por la expresión (1):

$$\%Nivel\_GD = \frac{P_{GD}}{P_{load}} \times 100\% \quad (1)$$

Donde de PGD es: Potencia producida por la Generación Distribuida.

**Baja Penetración:** menor al 30%, mercado conservador con barreras económicas y técnicas. **Semi-Ideal:** penetración del 50% de la carga total instalada en el sistema. **Escenario Ideal:** una penetración total (100%). GD = carga del sistema. Un mercado de completa competencia. **Escenario Utópico:** GD instalada superior a la carga, para la exportación de energía.

#### Nivel de Dispersión [11]

El Nivel de Dispersión de la generación distribuida (%Dispersión GD), es la razón del número de nodos con inyección de GD (#BusGD) y el número de nodos con Demanda (2):

El nivel de Dispersión GD es 0% si sólo existe potencia generada desde el sistema centralizado o el otro extremo, si la GD se aplica en todos los nodos donde existe demanda de potencia (100%).

$$\%Dispersión\_GD = \frac{\#Nodos\_GD}{\#Nodos\_Carga} \times 100\% \quad (2)$$

### 2.3. Criterios de Integración

La integración de la GD al SEP requiere aspectos más allá de los técnicos y económicos: tecnología, modo de operación, propietario, etc. El impacto de la integración para superar la incertidumbre en los aspectos de la localización y el dimensionamiento, consiste adoptar ciertas consideraciones de prioridad por carga:

**Instalación de GD en las barras de carga:** Se requieren las normas de conexión y de transformación para la operación segura de las unidades.



Figura 4: Modelos de interacción con la red por el modo de interconexión de la GD [11]

**Prioridad de integración:** Faltan acuerdos e incentivos sobre ello, según los intereses del consumidor o del operador de la red. Un posible escenario, se basa en que la instalación se sirve para satisfacer parte de la carga local y el saldo para exportar.

**Despacho de la Unidad:** Un caso posible será que sea despachada como la fracción de la carga local conectada y el nivel global de penetración y dispersión planteado en un escenario.

### 2.4. Clasificación por tecnología de las Fuentes de GD

En la Tabla 3, se presenta un resumen de las tecnologías con su rango típico de aplicación o disponible por módulo de generación. Los principios de conversión en las tecnologías empleadas para la Generación Distribuida, que más representativas son:

- Máquinas Térmicas
- Celdas de Combustible
- Sistemas de conversión de energía del viento
- Sistemas de conversión de energía del sol.

## 2.5. Sistemas de almacenamiento / sistemas de UPS

Los sistemas de almacenamiento de energía intercambian energía en periodos cortos. Se aplican para compensar el voltaje, y minimizar perturbaciones: sag, flicker y surges. Los mismos se emplean como fuente ininterrumpida de energía (UPS).

La solución técnica de almacenaje de energía también se aplica y define como fuente de energía distribuida, su estado actual es en desarrollo.

## 2.6. Cogeneración una forma de Generación Distribuida [12]

La cogeneración se define como la generación simultánea de dos formas de energía útil a partir de una fuente de energía primaria. La generación eléctrica convencional desecha el calor residual, lo que no pasa con las tecnologías de Generación Distribuida (GD), debido a su tamaño y a la ubicación cercana a la carga, permitiendo la recuperación del calor. El usuario final puede generar tanto energía térmica como eléctrica en (CHP) un solo sistema ubicado próximo a sus instalaciones, con eficiencia de hasta el 90%.

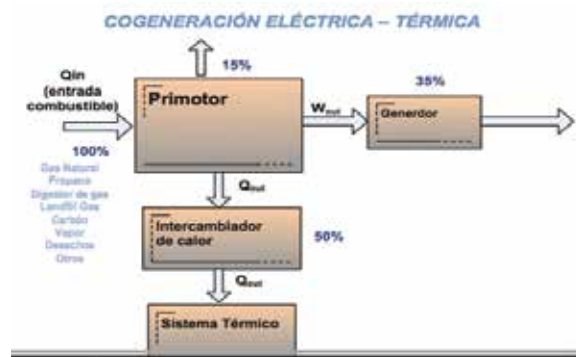


Figura 5: Cogeneración eléctrica –térmica.

Un sistema Integrado localizado está muy próximo al edificio o industria y provee al menos una porción de la energía eléctrica que éste requiere y procede a reciclar la energía térmica el acondicionamiento o climatización de los diferentes ambientes Calor / Enfriamiento, como también en el proceso de producción e incluso se aplica para control de la humedad del ambiente.

## 2.7. Potencial de instalación de GD en el Ecuador

La situación actual del abastecimiento de energía eléctrica requiere una especial atención, pues a pesar de la disponibilidad de recursos hídricos en el País, durante la última década la disponibilidad de generación hidroeléctrica se ha mantenido, con un alto componente de la generación termoeléctrica, y como también dependencia de la energía importada de Colombia.



Figura 6: Estructura Sectorial q' con la Inclusión de GD

El Gobierno actual se ha empeñado en revertir esta condición, mediante la construcción de proyectos hidroeléctricos, así como la instalación de generación termoeléctrica eficiente y el aprovechamiento de importantes fuentes de energía renovable.

Para el cambio en el esquema de la nueva Ley, se recomienda que la GD sea parte activa, a través de incorporarse en los niveles de Tensión Baja, Media y Subtransmisión, de la siguiente manera:

Es necesario impulsar el uso de las diferentes opciones de fuentes de generación alterna y de energías renovables no convencionales (ERNCC), apuntando a la definición de políticas energéticas y para desarrollar una planificación que incluya las siguientes acciones:

- Diversificar la matriz energética con energías renovables como la eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y micro centrales hidroeléctricas.
- Desarrollo del marco jurídico para incentivar el uso de biocombustibles.
- Promover el uso racional de la energía e introducir como política de Estado el concepto de eficiencia energética.
- Plantear las regulaciones “específicas” que permitan la incursión en proyectos embebidos en la redes de distribución (GD), tanto por parte de las Empresas de Distribución como

de la empresa privada o en alianza estratégica de ambas.

## 2.8. Evaluación penetración de la GD en Ecuador. Fuentes de energía convencional [16]

Los dos criterios principales que permiten evaluar el grado de integración de la GD, para modelar la oferta de Generación Distribuida son:

### Nivel o Grado de penetración de la GD% y Nivel o Grado de dispersión de la GD%

Como ejemplo se simula con demanda pico del País en el 2010 que alcanza a 3.036 MW.

Para evaluar la potencia firme instalada se toma un escenario:

Tabla 1: Grado de Penetración % 2010

SIMULACIÓN DE % PENETRACIÓN GD EN EL SNI 2010	
Potencia efectiva nominal de los auto generadores	696,77 MW
Potencia nominal de generación de servicio público conectada en las distribuidoras	498,05 MW
Total	1.194,82 MW.
Aplicando la definición (1) % Nivel de Penetración GD:	<b>39,35 %</b>

El valor de 39,35% corresponde a un escenario de Baja Penetración, lo que se permite estimar que se establece en un mercado conservador con muchas barreras económicas y técnicas, que hacen deducir que la incorporación de GD sería parte de un proceso que tomaría algún tiempo.

**Nivel de Dispersión.-** Para establecer un primer escenario algo simple, se considera un área del sistema de potencia que refleje el número de puntos en la red para describir este índice en donde se tenga conectada GD, por el total de centrales menores instaladas y conectadas al SNI en las 19 Distribuidoras y las empresas autogeneradoras que se han conectado a estos sistemas de subtransmisión:

Tabla 2: Grado de Penetración % 2010

Número de Nodos de Generación Distribuida en la RED actual		
DISTRIBUIDORAS	Hidráulicas	16
	Térmicas MCI	17
AUTOGENERADORAS	Hidráulicas	23
	Térmicas MCI	6
	Térmicas Turbo-vapor	6
Total Centrales conectada al SNI		<b>68</b>

Se evalúan los nodos de carga se contabilizan el total de subestaciones de las distribuidoras que potencialmente recibirán generación distribuida, con niveles de tensión de subtransmisión 69/13,8kV y 69/22kV, que alcanzan a 273.

Utilizando como fuente de información el documento “Estadística del sector Eléctrico Ecuatoriano 2009-2010” se han evaluado la cantidad de nodos de carga.

$$\%Dispersión_{GD} = \frac{\#Nodos_{GD}}{\#Nodos_{Carga}} = \frac{68}{273} \times 100\% = 24,91\% \quad (3)$$

De la simulación realizada, el resultado denota valores de Baja Dispersión, con un nivel menor al 30%; lo cual puede ser un caso algo común.

Es decir la generación distribuida aun no habría sido instalada ni en la mitad de los nodos con carga, por lo que no se avizora un mercado atractivo para que los consumidores empiecen a recibir incentivos para la conexión de generación distribuida en forma local, sin embargo como se observa en 3.1 recientemente se han generado algunas bases legales, pero no lo suficiente para una confianza y seguridad para el inversor no son lo fuertes, para tomar el riesgo.

La GD no se orienta al aprovechamiento de estas economías de escala, y para que tenga sentido económico, deben identificarse otros intereses relevantes que la hagan conveniente. Los casos potencialmente favorables a la generación distribuida al menos son:

- La posibilidad de ahorros en distribución, por reducción de las inversiones y la disminución de las pérdidas en las redes.
- El aprovechamiento de fuentes de energía primaria, renovables, cuya escala y localización sólo permite la aplicación de la generación distribuida.
- La generación en pequeña escala puede tener un impacto económico positivo si permite el aprovechamiento de insumos y mano de obra nacional.

La generación eléctrica convencional, está identificada en el país por dos aspectos:

- Proyectos que se encuentran en ejecución (incluyendo algunos que se han paralizado por diversas circunstancias), y por otro lado



los que han obtenido su contrato o certificado de permiso o concesión, o se encuentran en trámite en el CONELEC.

- Para el primer caso se presenta el resumen de cada uno de los proyectos en ejecución, y en forma detallada su estado de avance en la referencia. [3]

## **2.9. Potencial de GD proveniente de Fuentes Renovables No Convencionales (ERNC) [14] [15]**

### **2.9.1 Recursos de Energía Solar**

La utilización práctica de la energía solar, un recurso renovable y limpio, para generación eléctrica, tiene como objetivos principales: la contribución a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, la posibilidad de llegar con electricidad a zonas alejadas de las redes de distribución.

La necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética motivó al CONELEC a publicar, en agosto de 2008, el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, el mismo que fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE.

### **2.9.2 Recursos de Energía Eólica**

Las zonas localizadas sobre la línea ecuatorial no son ricas en vientos, pero en el Ecuador existen zonas de alto interés eólico por la presencia de Los Andes y su cercanía al Océano Pacífico.

Los sistemas eólicos requieren de diversos parámetros relativos al viento que son fundamentales para dimensionarlos; como por ejemplo la velocidad, las variaciones diarias, mensuales y estacionales de la misma para los sitios que presentan condiciones favorables.

En la región amazónica no se han detectado velocidades de viento que permitan pensar en proyectos de generación de electricidad factibles.

### **2.9.3 Recursos de Biomasa**

El potencial de biomasa en el Ecuador es de gran importancia, por ser tradicionalmente agrícola y ganadero, actividades que generan desechos que son aprovechados en forma aislada energéticamente.

En lo que se refiere al tratamiento de desechos sólidos urbanos con fines energéticos, su potencial

no se ha logrado determinar por cuanto no hay evaluaciones, excepto el caso del proyecto de Pichicay/Santa Ana del Municipio de Cuenca (1,8 MW), que en función de un convenio entre la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC) y una compañía internacional, en fase de desarrollo.

## **2.10. Proyectos de GD Economía y Mercados**

La utilización de GD tiene entre otras las siguientes ventajas económicas:

Para clientes regulados, con consumos altos de calor, se pueden producir ambos tipos de energía (como el caso en países Europeos) lo que incentiva la competencia en el suministro dejando de la elección la fuente de abastecimiento a los clientes.

Mientras estos cambios han afectado a todos los generadores, la GD se ve más fuertemente afectada debido a su tamaño más pequeño y costos proporcionalmente más altos de transacción, ello se ha debido principalmente a las siguientes situaciones:

- Competencia.
- Contratos Bilaterales.
- Adquisición de Potencia de Reserva.

## **2.11. Impacto de la GD en la explotación de la Red de Distribución [5]**

Cuando se presente un incremento de penetración de la GD conectada a la red superior al requerimiento interno del consumidor, la energía puede transferirse a la inversa hacia la distribución y transmisión aguas arriba. Como parte de una evaluación del impacto de las redes de distribución se deben considerar aspectos como:

- Las capacidades y congestión de las redes en los diferentes niveles de tensión de su incursión.

Las pérdidas son de los efectos que mayor resistencia puede presentar, en especial cuando se cree que el impacto es negativo en temas como:

- Corrientes de cortocircuito.
- Selectividad de las protecciones.
- Robustez de la red.
- Perfiles de voltaje.
- Estabilidad del sistema.
- Islanding (operación en isla).
- Equilibrio y reserva del sistema.
- Calidad de la energía.

Toda GD que pueda integrarse en las redes eléctricas, está interrelacionada con los efectos en ella, no sólo en las condiciones de operación, sino también en la transmisión aguas arriba. Para lo cual es indispensable considerar los casos siguientes:

- Efectos dinámicos.
- Efectos del estado dinámico.
- Efectos del análisis de contingencia.
- Efectos de protección.

Por ello los sistemas de distribución deberán someterse a profundos cambios en términos de diseño, desarrollo y filosofía de operación.

## 2.12. Cambios en la Operación del Sistema

La regulación puede ser desarrollada en el sistema de distribución bonificando las reducciones de pérdidas que podría, incentivar al ingreso de GD, con una buena ubicación, que puede ayudar en la regulación de tensión en nodos donde se lo necesite.

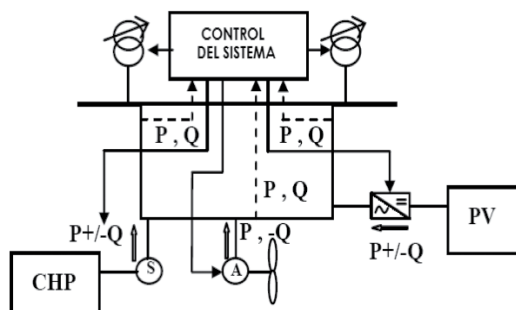


Figura 7: Nuevo concepto para Operar la Red [13]

Una nueva metodología para el control de tensión en redes con GD es la que se muestra en la Fig. 7, la cual permite el control en forma dinámica, para que la GD proporcione una forma adicional de control de tensión en las redes de distribución.

La conexión de varios generadores distribuidos en la red y un control de despacho inteligente brinda gran flexibilidad en el manejo de la energía reactiva y el control de tensión.

## 3. PERSPECTIVAS DE LA GD Y EVALUACIÓN DE LA NORMATIVAS ACTUALES

Entre los motivadores para el surgimiento de la GD, están temas sobre la conservación de los recursos naturales, la protección al medio ambiente y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, uno de más sensibles es el de la producción de energía.

Se cree que el éxito de la GD depende o está asociado, al éxito de las comunicaciones, los sistemas de gestión y control de potencia como también de la capacidad de los diseñadores para aprovechar al máximo de los grados de libertad de los sistemas electrónicos e inteligentes que hoy se ofrecen en términos de flexibilidad y rapidez de respuesta a los cambios la red.

La estrategia que aplican las compañías distribuidoras, cuando no está presente la acción de los entes reguladores, es que se asuma a la GD como recursos desfavorables, es decir como pequeñas fuentes parásitas, a imponer reglas estrictas, con muchos requisitos que afectarían al rendimiento y la seguridad del sistema.

Varios países de Latinoamérica, a más de los de la Comunidad Europea de Naciones, están promoviendo una revisión de éstas a estrategias.

## 3.1. Revisión Normativa que aplique a la Generación Distribuida en el Ecuador

El desarrollo eficiente de la GD en un sistema eléctrico de distribución, requiere que las regulaciones proporcionen los incentivos adecuados, esto es que reconozcan los beneficios y costos reales que la GD impone al sistema. Los recursos de la GD reducirán las pérdidas en las redes solamente si se localiza y opera en forma adecuada. Lo mismo ocurre con el potencial para regular el voltaje en la red o para aumentar la confiabilidad en el suministro.

La Generación Distribuida (GD) a pesar de ser de alguna manera, un agente del mercado eléctrico ecuatoriano, requiere que se postulen normativas especiales y específicas para una mejor integración entre los distintos agentes. Para que la GD evolucione deben generarse los cambios correspondientes en el marco normativo por medio de las Leyes que fomenten y aseguren un proceso claro y consistente para regular la generación eléctrica y principalmente con energías renovables no convencionales.

El CONELEC, ha emitido varias regulaciones que permiten la incorporación y dan algún impulso a las ERNC [14]:

- 1) **Regulación N° CONELEC-006/08.-** Reglas comerciales de funcionamiento del mercado, el cálculo y la aplicación de los pliegos tarifarios.

- 2) **Regulación N° CONELEC-013/08.-** Normativa de contratos regulados del mercado, las transacciones de corto y largo plazo, las liquidaciones del mercado; los planes de expansión del SNT y el uso ERNC.
- 3) **Regulación N° CONELEC 001/09.-** Participación del auto - productor, (auto - generador con cogeneración), en la comercialización de la energía. Fomento de cogeneración.
- 4) **Regulación No. CONELEC 009/08.-** Registro de Generadores Menores a 1 MW, procedimiento para ejecutar proyectos menores a 1 MW, su operación no sea de emergencia.
- 5) **Regulación No. CONELEC 002/11.-** Principios de excepción para la participación privada en párrafo 2, artículo 2 de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico.

Proyectos nuevos por excepción menores a 50MW y que no constaren en el PME \*Plan Maestro de Electrificación del CONELEC; Calificados como necesario y adecuado para satisfacer el interés público, principalmente destinados a cubrir la demanda y la reserva de generación. La concesión mediante contratos y por un proceso público, con al menos los siguientes requisitos:

- Estudios presentados sean a nivel de pre factibilidad.
  - El proyecto propuesto no conste en el Plan Maestro de Electrificación PME.
  - Optimizar el recurso natural para generación eléctrica y no se afecten los proyectos en el PME.
  - El costo de los proyectos no sea superior a los costos promedios en los contratos regulados, según la tecnología.
  - Que el cálculo de la energía firme o energía garantizada esté técnicamente sustentado.
- 6) **Regulación No. CONELEC 003/11.-** Determinación de los plazos y precios en proyectos de generación y autogeneración de iniciativa privada, incluyendo los de energías renovables.
  - 7) **Regulación No. CONELEC 004/11.-** Energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales (ERNC). Requisitos, precios, vigencia, y forma de despacho al SNI.

No se ha podido identificar una legislación específica sobre la Generación Distribuida en Ecuador, excepto por las resoluciones, que impulsan la incursión de algunos proyectos de energías

renovables fotovoltaicos e hidráulicos con el límite de potencia de 50MVA.

Por el momento se lo que se conoce es que se aplica el mismo pliego de condiciones de conexión al sistema nacional de transmisión por lo que hay problemas de decisión por las distribuidoras, pues no hay reglas completas para establecer los contratos de conexión, al dar libre acceso sobre las instalaciones no se establecen con procesos y detalles sobre las responsabilidades del inversor y del distribuidor beneficiado/ afectado.

El tratamiento preferente de generador no convencional le permite el emprendedor acogerse a precios especiales en la Resolución CONELEC 07-2012 a la Reg. CONELEC 04-11 (Tabla 1 actualizada), y en base al Contrato estarán vigentes por 15 años, lo que permite evaluar financieramente los proyectos.

La normativa de mercado debe conceder un despacho preferente, pero con el límite de hasta en un 6% de la capacidad operativa de la generación, lo cual está fijando metas en la capacidad de absorción del mercado eléctrico de esta producción con tarifas superiores a la media.

### 3.2. Estado de aprovechamiento del concepto de la GD en Ecuador

Se han emitido algunas señales para una política energética que apoya el desarrollo de la GD renovable, pero aún se deben implementar regulaciones específicas a nivel técnico, que atraigan al inversor y sobre todo reconozcan los costos y beneficios reales de la GD.

El aprovechamiento y la situación de la generación distribuida en el escenario nacional ecuatoriano se podrían resumir en los siguientes aspectos:

- Ecuador es un Mercado eléctrico pequeño, por ende como modelo de negocio que se lo ha planteado para una integración vertical en función de la economía de escala de un país pequeño.
- Hay la creciente necesidad de aumentar la eficiencia de las inversiones, pues el modelo que se ha implementado es de un negocio con subsidiados.
- Siendo innegable su valor social, no se comete un error al tomar el riesgo de mantener con subsidios al uso de los combustibles y servicios como el de energía eléctrica, pues esto impulsa y aumenta el uso ineficiente.



- Sin embargo de lo anterior, la utilización de la GD como alternativa factible para la planificación de la expansión de la red y de diferimiento de inversiones es perfectamente viable.

#### 4. REQUISITOS DE NORMAS ESPECÍFICAS LEGALES, TARIARIAS Y DE INTERCONEXIÓN DE GD EN EL ECUADOR

Un proyecto de GD que se lo desarrolle en base a la regulación vigente de Ecuador, parte con algunas barreras, al no disponerse de estudios completos de las potencialidades de las fuentes de energías renovables, no así por el lado hidráulico, pues sus potencialidades identificadas, son muy grandes, pero con proyectos que tienen dificultades de desarrollo, pues las fuentes no siempre están cercanas a los centros de carga y con ello, pierden la calificación de GD, por lo su elevada inversión para conexión.

El modelo de negocio y el análisis financiero en base a los estudios técnicos y los precios preferentes, permitirá definir la viabilidad de los proyectos, sin embargo en el momento de analizar modelos de integración por servicios auxiliares adicionales, ya no se dan preferencias o señales de estímulo.

Para los aspectos técnicos de interconexión se ha establecido el libre acceso, pero todos los estudios de conexión y costos de inversión relacionados son a su cargo, sobre todo si no hay capacidad disponible en la red, estos adicionales incrementan los costos del activo y marginales.

##### 4.1. Calidad y Condiciones Técnicas

Las principales condiciones técnicas de la GD están en relación con la confiabilidad y calidad del suministro, así como con las protecciones, la medición, y los protocolos de funcionamiento de la conexión y desconexión en isla y como también la gestión de la potencia reactiva. La regulación de voltaje, parpadeo (flicker), los armónicos y tensiones de inyección de corriente continua, son claves para determinar la calidad del suministro.

##### 4.2. La GD y la Confiabilidad [2]

Hay tres puntos de vista a considerar en búsqueda de la confianza de la Generación Distribuida:

- El punto de vista de cada cliente individual
- El de un grupo de clientes y la distribuidora
- El del mercado y los operadores del sistema.

Es posible destacar algunas formas por las cuales la GD puede ejercer una influencia efectiva y generar la confianza en su aplicación y desarrollo:

- Aumentando la calidad de la energía y asegurando suministro sin interrupciones. La GD puede contribuir para en la calidad de la energía en áreas congestionadas, al extremos de redes con tramos largos, y en zonas donde se exige una elevada calidad de energía.
- Se puede proveer capacidad de generación local bajo el control de clientes que demandan condiciones de servicio con cero interrupciones, algo difícil de conseguir por la vulnerabilidad natural de los sistemas en especial si predominan las redes aéreas.

La GD puede desempeñar también un papel importante como generación de emergencia en el caso de interrupciones debido a accidentes naturales, evitando largos periodos sin suministro de energía

#### 4.3. Condición de interconexión y de las protecciones

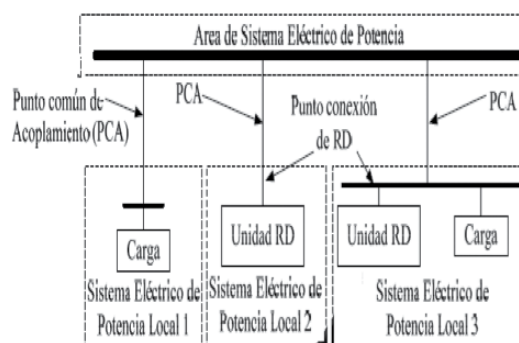


Figura 8: Posible ubicación de GD o punto común de acoplamiento (PCA)

En referencia a la interconexión de la GD con el SD se encuentra la siguiente acepción (IEEE P 1547):

Generación Distribuida (GD) es la Generación eléctrica conectada a un área de sistemas de potencia a través de un PCC (Punto de conexión de consumidor), como un subconjunto de los recursos distribuidos RD.

Las protecciones merecen un análisis por separado, pues su objetivo es la protección del sistema de potencia.

La conexión de GD a una red de distribución introduce una fuente de energía y ello puede aumentar el "nivel de falla" en la red lo que puede complicar la detección y aislamiento de fallas. En una red urbana

típica, la GD puede estar conectada a niveles de tensión que van desde la baja tensión (120-240 V monofásica) hasta los valores de subtransmisión (69 kV y otros).

Las condiciones de conexión en la subtransmisión son complejas, pero son analizadas previamente, mientras que las conexiones a baja y media tensión (en el orden de cientos de voltios y los kilovoltios), pueden ser más difíciles de resolver, sobre todo si implican inyecciones netas en la red. (Ver Fig. 9).

El objetivo del estudio de las protecciones, en presencia de GD es para mantener el nivel pre-existente de fiabilidad de la red, así como la seguridad y la calidad, con un respaldo de seguridad razonable.

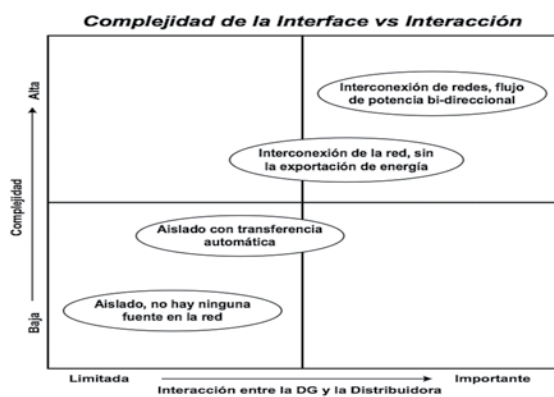


Figura 9: Complejidad e interacción entre la GD y el SEP

#### 4.4. Normas técnicas de interconexión GD. Principios fundamentales [13]

Las condiciones de interconexión se rigen por uno o más de los siguientes principios:

- Evitar todo riesgo para la seguridad al público y estará equipado con equipo de protección que evite que el generador de esté conectado a un circuito sin tensión de la distribuidora.
- La instalación de la GD no debe comprometer la confiabilidad o limitar la capacidad operativa del sistema eléctrico de la distribuidora que la acoge.
- El equipo de protección impedirá disparos intempestivos de los interruptores del sistema de distribución que afecte a la fiabilidad del mismo.
- Deberá estar dotada de equipo de protección que impida el intento de conexión y funcionamiento en paralelo y operar dentro de los límites normales.
- Para fines operacionales, la distribuidora puede requerir que esté instalado un sistema de comunicación. Por un medio establecido de mutuo acuerdo.

- El interruptor de circuito en el punto de interconexión con la red, será capaz de interrumpir la corriente máxima de falla disponible.
- Por seguridad se deberá proveer a su sistema de un dispositivo manual de desconexión, bloqueado en la posición de abierto y accesible para el personal de la distribuidora
- La instalación de interconexión no deberá comprometer la calidad de servicio del sistema eléctrico y las tecnologías asociadas.

#### 4.5. Requisitos generales de interconexión

La GD debe acatar los procedimientos formales, lo que asegurará una base técnica sólida para la interconexión activa propuesta.

Los procedimientos técnicos y aplicación siguientes se resumen como los principales:

1. Disponer de diseños del proyecto en su etapa planificación (factibilidad) y del diseño definitivo aprobado y presupuesto de equipos y los de interconexión.
2. La aprobación de dichos estudios por la entidad competente, según lo señale el ente regulador.
3. Permisos de inicio de construcción.
4. La construcción de la interconexión según la planificación y el registro de planos durante la fase de aplicación del proyecto.
5. Verificación de las pruebas y puesta en marcha de pruebas de la fase de construcción completa.
6. Acuerdos con el distribuidor y puesta en funcionamiento de la interconexión.
7. Prácticas de operación (Manual de operación) y mantenimiento, y el registro del desempeño del sistema de interconexión, durante la vida útil.

#### 4.6. Requisitos para interconexión de la GD por las Distribuidoras

Las regulaciones y normativas desarrollan unos requisitos de conexión referidos a:

- a) Sobre Regulación de tensión: contar con equipos y procesos que permiten al operador del sistema de distribución mantener una tensión más o menos constante a pesar de las variaciones que se producen normalmente por cambios en las cargas, variabilidad de las fuentes primarias.
- b) Integración con la puesta a tierra de la red de distribución: las unidades de GD deben estar conectadas a tierra siguiendo las

recomendaciones que les sean de aplicación para evitar sobretensiones a lo largo de la línea.

- c) Desconexión del sistema ante interrupciones en la red eléctrica distribuida: en caso de que se produzca un suceso de estas características, el equipo de GD no puede suministrar corriente, y en consecuencia, energizar la línea de la compañía de distribución.
- d) Sistema de sincronización de la GD con la red.
- e) El equipo de GD, no puede inyectar armónicos, ni corriente continua, por encima de unos umbrales definidos.

#### 4.7. La Regulación Técnica de la GD en Ecuador [15]

La normativa vigente para conexión es orientada a la conexión en el sistema de transmisión, se requiere una normativa específica para los medios que aspiran a la conexión en los sistemas de subtransmisión(S/T) y distribución (SD).

Para los medios de generación <1MW se simplifica el proceso de registro de permisos de conexión, pues la regulación es simple y no señala que se conectará al sistema de distribución más cercano, pero no se establecen las condiciones y que políticas guiarán los estudios técnicos de penetración, dispersión y condiciones técnicas de interconexión.

Por lo analizado, los posibles requisitos que un marco regulatorio incorpora para transparentar los aspectos de una concesión de medios de generación distribuida mediana y pequeña, son:

- Se debe empezar por redefinirla desde el punto de vista de recurso de energía distribuido (DER).
- También deberá prepararse una regulación que defina exactamente los recursos de energía distribuida (DER) o generación distribuida (GD).
- Hará diferencia entre la conexión a media tensión o subtransmisión.
- Establecer los rangos de potencia mediante estudios y simulaciones técnicas de acuerdo a la realidad de los sistemas de subtransmisión y distribución
- La Definición puede incluir la operación, así como los objetivos y alcance de las normativas de conexión, con todos los requisitos de protección, confiabilidad y calidad de energía.

#### 4.8. Estrategias para impulsar la GD. El Marco Legal y de interconexión planteado. [17][19]

Con la estructuración en un mercado único por el Mandato 15, se deben generar las disposiciones que faciliten la incursión en proyectos de GD.

- Está establecido el Libre acceso a las redes (Decreto Ejecutivo 1626 publicado en R.O. No. 365 de 10 de julio de 2001)
- Están definidas unas tarifas de energía (Reg. 04/2011 y sus resoluciones de actualización).
- Las señales Tarifarias están dadas (las regulaciones deben ser actualizadas y detalladas en conjunto con disposiciones organizadas).
- En este nuevo ambiente puede crecer el interés por la generación distribuida, pero faltan incentivos desde el punto de vista de la política de gobierno, es decir generar las seguridades a la inversión. Contratos a plazo (se acaba de emitir la Regulación 04/2011- Resolución 23-012 contrato Compra venta Plazo 15 años)
- Pero no hay reglas definidas para reconocer la conexión y uso de la red punto de entrega, como sus estudios de impacto, por lo que deben ser implementadas.

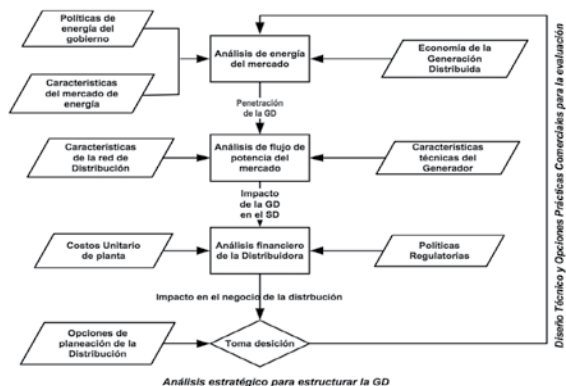


Figura 10: : Diagrama: Análisis Estratégico para Estructurar La GD [16].

No debe escapar al inversor el tener la información de las características del sistema de distribución para que el impacto sea positivo tanto que los beneficios superen a las barreras que se le presentarán al proyecto.

Con ayuda del diagrama de la Fig. 10, se sugieren los pasos de cómo hacer un análisis estratégico y financiamiento, el cual puede verse que parte de políticas del gobierno, no solo serán para el impulsar la iniciativa, sino también para brindar las señales de confianza al inversor.

#### 4.8.1 Características relevantes del Modelo de Negocio de la GD

Todos los agentes involucrados en las empresas del sector industrial y residencial, las comunidades y las instituciones financieras, deben estar conscientes de la necesidad de identificar todas las instancias que requiere el desarrollo de un proyecto de GD.

El crecimiento del mercado y evolución técnica mundial en los generadores aplicados a la GD, y la oferta–demanda, impulsan una importante disminución de los precios.

En la evaluación económica para el ingreso de tecnología de GD hay que tener en cuenta:

- Precio de la energía producida por la GD versus el de venta al distribuidor o al Mercado.
- Ventajas de la reducción de costos de la GD y el riesgo asociado con consumo de energía.
- El precio por servicios auxiliares ofertados, el incentivo a la reducción de congestión en la red de distribución y los costos de inversión en la red al introducir unidades de GD.
- Precios de mercado y la flexibilidad de tecnologías que se pueden emplear en GD.
- Establecer el monto y % del valor de otros servicios que puede ofrecer la GD a los consumidores, incluyendo la confiabilidad en suministro.

#### ANÁLISIS ECONÓMICO

Se procede a realizar un análisis del valor económico actual (expresada Tasa interna de retorno TIR). Los datos o entradas podrían ser:

Ubicación, tamaño, vida útil, precio de instalación (lleve en mano) Tabla 3, tarifa – prima (Feed-in Tariff), Descuento relación de rendimiento, pérdida/descuento de rendimiento anual de la tarifa, Costos O&M, costos de seguro, impuestos y la tasa de descuento.

El ahorro en los sistemas de transmisión y distribución con la GD, es amplio y de \$2,00 a \$60,00 que también genera señales en la inversión por cada MWh evitado de producir, y también redundante en la postergación de entrada de nuevas subestaciones.

Por otro lado, estudios aplicados a los sistemas de transmisión y distribución, detectan pérdidas técnicas entre 4 y 7%. El potencial ahorro en la inversión para expansión en los sistemas de transmisión y distribución con la GD es de entre 2,30 y 3,15 dólares economizados por cada MWh producido

Tabla 3: Rango y Costos de inversión por unidad GD

Tecnología	Tamaño modulo (MW)	Precio USD \$/kW
Turbinas a Gas de Ciclo Combinado	25–400	1.800 - 3.700
Motores de Combustión Interna	0,005–10	400 - 750
Turbinas de Combustión	1–250	520 - 1.400
Micro-Turbinas	0,035 – 1	1.400 - 1.450
<b>Renovables</b>		
Pequeñas Hidros	0,1–100	1.900 - 5.000
Turbinas de Eólicas	0,002 – 5	1.000 - 2.000
Arreglos Fotovoltaicos	0,01 – 0,5	6.000 - 7.500
Solar térmica, sistema Lutz	5 – 100	6.000 - 7.500
Biomasa - biogas combustión eléctrica	0,5 - 25	1.200 - 2.500
Biomasa - biogas combustión térmica	+100	1.500 - 2.000
Biomasa - biogas gas	0,5 - 50	800 - 1.200
Celda combustible, ácido fosfórico	0,200 - 2	300 - 3.500
Celda combustible, carbonato fundido	0,25 - 2	800 - 2.000
Celda combustible, intercambio protones	0,001 – 0,25	4.000
Celda combustible, óxido sólido	0,250 - 10	1.300 - 2.000
Geotérmica	5–100	800 - 3.300
Energía del océano	0,100 – 1	4.000 - 7.000

#### 4.9. Barreras que encuentra la GD

Conocer las barreras típicas que encuentra la GD, permitirá identificar las acciones que se deben emprender, agrupadas de la siguiente manera:

- Regulatorias y Normativas
- Barreras Técnicas
- Económicas y Financieras
- Sociales

#### 4.10. Acciones y desafíos para la investigación y regulación [17][20]

Para dar soluciones consistentes y en especial a las de tipo regulatorio, se recomiendan acciones como:

- Implementar un nuevo modelo de expansión del sistema eléctrico, no solamente centrado en los grandes proyectos hidroeléctricos.
- Revisar y simplificar la Normatividad Ambiental.
- Promover Políticas Estatales de Fomento a la cogeneración (CHP) y eliminar restricciones legales.
- Racionalizar y simplificar los procedimientos para la obtención de la concesión.
- Utilizar sistemas modernos de Supervisión y Control y racionalizar los programas de mantenimiento.
- Revisar, Actualizar y Aprobar las tarifas de servicios públicos y los incentivos regulatorios para adaptarse al nuevo modelo de energía distribuida.
- Establecer la solución de controversias para acelerar los procesos para proyectos de generación distribuida.
- Definir y detallar las condiciones necesarias para que el derecho a interconectarse, para todos los actores y en condiciones convenientes para las partes (Definiciones y modelos de la GD, Norma de Interconexión, Contrato de Conexión, Calidad de servicio).

#### 4.11. El futuro del SEP y la integración con la GD

En el futuro las redes eléctricas irán hacia las Smart Grids, para lo que irán evolucionando de ser solamente un concepto, a ser una realidad y adoptar nuevas tecnologías para luego con los nuevos desarrollos en interconexión ofrecer las mejores ventajas en la operación, para la óptima solución de condiciones de aporte de energía al SEP.

La red debe maximizar su capacidad de transporte, no por el simple hecho de repotenciarla, sino asumiendo los retos frente a nuevos escenarios que se le ofrecen. La evolución de un concepto que partiendo de la gestión y mejora tecnológica llega a optimizar la operación de la red.

Estos impulsores son parte de un concepto que apuntan a definir la realidad de tener embebida la generación de energía eléctrica en la red.

Las tecnologías a desarrollar para evolucionar hacia una automatización y control, que comprende lo siguiente:

- Desarrollo de sensores para la operación de la red.
- Sensores para la automatización del mantenimiento en las redes.
- Contadores inteligentes con comunicación bidireccional.

#### 4.12. Interconexión al Sistema de Distribución de la central Ocaña

Puesta en operación en 2012, ELECAUSTRO S.A. Características básicas de la Mini Central:

- Ubicación: Provincia Cañar, cotas 845 y 458 msnm.
- Captación: Diseñada para un caudal 8,20 m<sup>3</sup>/s.
- Tubería presión: Superficial de longitud de 1.085 m.
- Casa de Máquinas: Caída neta 373 m.
- Capacidad de la Central: 26 MW (2 x 13 T. Pelton).

Tabla 4: Energía generada y factor de planta.

Energía Máxima (MWH/año)	224.373
Energía Media (MWH/año)	203.099
Energía Mínima (MWH/año)	176.773
Energía Firme (MWH/año)	181.609
Factor de Planta	90%

Los beneficios destacados del Proyecto:

- Contribuye a cubrir la demanda, con la vertiente occidental.
- Es un aporte seguro de producción energética para el mercado eléctrico.
- Contribuye en la reducción de los precios de energía.

Los estudios de impacto en las redes de distribución de la CENTROSUR incluyen:

- Análisis de flujos de potencia.
- Contingencias para diferentes escenarios
- Perfiles de tensión en los modos principales del sistema de S/T.
- Escenarios con demanda máxima y mínima para determinar impacto de las pérdidas en el Sistema de Distribución.

#### 4.13. Resultados para el año de entrada en operación de Ocaña

Ocaña ocasiona un incremento de 0,84% en las pérdidas de la CENTROSUR, llegando a un total de 8,14%, valor que estaría por encima del comprometido en sus metas del año 2012. La inclusión de la línea Sinincay-Cañar, ocasionó que el incremento llegue sólo al 0,24%, dando un total de 7,54%, que influiría levemente en el performance de la empresa.

Las pérdidas originadas por la inclusión de Ocaña pudieron representar un costo anual adicional de \$440.366 dentro del rubro compra de energía y corresponde al monto que la CENTROSUR debía pagar por compra adicional de energía (a 57,7\$/MWh), esto en el caso de que no se construya la línea Sinincay – SE 18 Cañar.

Considerando que la entrada de Ocaña se retrasó y por los problemas imprevistos en su sistema de conducción, la operación se redujo a 5 meses durante 2012, lo que representó un monto de pérdidas de: 183.485 \$/año

Posteriormente, con la inclusión de la línea Sinincay-S/E 18, este valor se estableció en 126.824 \$/año, obteniéndose una reducción de \$313.542/ año

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo de GD varía de país en país, dependiendo de sus necesidades y características, lo que depende del propio sistema. Hay variaciones en cuanto a tamaños, fuentes y niveles de voltaje.



La GD es parte del nuevo modelo de negocio lo exige que se revisen temas como: modelos de concesión, impactos en la red, medidas para de mitigación de riesgos, los vehículos eléctricos híbridos, dispositivos de almacenamiento, micro redes inteligentes.

Un marco regulatorio que no reconozca y especifique las diferencias entre la generación centralizada y la generación distribuida, no reconoce el valor agregado de la GD, ello dificultará que ésta prospere.

La GD puede llegar a ser el insumo y aporte necesario para a mejorar la fiabilidad de la red, aumentar la reserva de suministro de la energía, reducir los costos, aumentando el número y los tipos de generadores disponibles e incluyendo el desarrollo de los recursos no contaminantes de energía alternativa.

La integración en gran escala de generación distribuida en la red de distribución crea un problema técnico, económico y regulatorio complejo que requiere soluciones innovadoras y debe buscar establecer reglas claras desde un inicio.

Al incorporar GD en el sistema de Distribución, el nivel de dispersión mejora y de acuerdo a la carga conectada a las barras de la red, se puede generar una distribución equitativa de la inyección de potencia, originando un comportamiento equilibrado del sistema en sus perfiles de tensión, más la disminución en las pérdidas.

La fijación de filosofías y esquemas de protección, del SEP pueden variar debido a la introducción de GD y al impacto de la GD en el sistema eléctrico de distribución: Flujos de potencia, pérdidas, variaciones de tensión, niveles de fallo, etc.

El panorama de los requisitos de interconexión seguirá siendo un reto en los próximos años, la normativa de IEEE es un instrumento de alto nivel técnico y puede ser adoptado ampliamente por las empresas y la industria, al no contar con estudios técnicos y normativa local.

Con el advenimiento de sistemas de control inteligentes integrados en nuevas unidades de GD, las tareas de control en los centros de operación de la distribución serán más simples.

La integración de una creciente proporción de la GD en la red de distribución requiere una comprensión y aceptación completa, de todos los actores de su impacto en la distribución y su interacción con las cargas.

Ecuador ha recurrido a los incentivos de precio, a través de la feed-in tariff, siendo, que al tener un mercado de precio fijo, será el mercado que asuma la diferencia de costos, al tener un fuerte componente hidráulico de bajo costo, no hay afectación al usuario.

Los estudios realizados para analizar el impacto a la red, tanto en el caso de la subtransmisión (Central Ocaña) como de media tensión (Biogás EMAC), permiten destacar que un aumento del nivel de penetración, impacta en los voltajes, cumpliendo la característica de linealidad y superposición de los circuitos eléctricos.

En el caso práctico de Ocaña el % de Penetración, tiene un alto impacto en las pérdidas obligando a la distribuidora a buscar mecanismos para reforzar su sistema de subtransmisión, con aporte mínimo del generador, e importante y positivo por el transmisor que ha facilitado la nueva posición para inyección al SNI.

El resultado del impacto de las pérdidas en el caso de Ocaña, es negativo en las pérdidas, no así en cuanto a la tensión que impacta positivamente pero con riesgo de sobre elevación.

En el Proyecto Pichacay de Biogás, el nivel de penetración bordea el 50%, que significa un impacto positivo en pérdidas y en nivel de tensión. Resta por ver que cumpla que la interconexión no afecte la estabilidad del sistema en condiciones normales y de contingencia; pues al no haber normas específicas en el país cabe la aplicación de normas internacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. M. A. J. B.-A. J. Y. L. J. D. N. A. A. Bayod Rújula, Definitions for Distributed Generation: a revision, Zaragoza: Department of Electrical Engineering Centro Politécnico Superior, University of Zaragoza.
- [2] I. (. E. Agency), DG in Liberalised Electricity Markets, 2002.
- [3] W. G. 3. CIGRE, Impact of Increasing Contribution of Dispersed Generation on the Power System, 1999.
- [4] N. A. R. C. P. y. S. G. Jenkins, "Embedded Generation" The Institution of Electrical Engineers., 2000.

- [5] R. D. M. P.P. Barker, Determining the impact of DG on power systems. I. Radial distribution, Proceedings of the Power Engineering Society Meeting IEEE, vol. 3, 2000, pp. 1645–1656.
- [6] J. G.-L. a. C. Fortoul., “Review of Distributed Generation Concept: Attempt of Unification” International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’05), España, 16-18 March 2005.
- [7] K. Angelopoulos, Integration of Distributed Generation in Low Voltage Networks: Power Quality and Economics, Glasgow, 2004.
- [8] A. G. S. L. A. Thomas, Distributed generation: a definition, Electric Power Syst. Res. 57 (3), (2001) 195–204..
- [9] I.-S. S. Board, IEEE 1347 Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems Standards, IEEE-SA Standards Board, Approved 12 June 2003.
- [10] 1001, IEEE Standard, “Guide of Interfacing Dispersed Storage and Generation Facilities with Electric Utility Systems”, New York., (1988)..
- [11] F. Gonzalez-Longatt, UNEFA, Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica Núcleo Maracay., 2122 Maracay (Venezuela) e-mail: fglongatt@ieee.org., 2008.
- [12] P. Dunsky, Cogeneration and On-Site Power Production. COSPP., (2000).
- [13] M. I. M. V. I. T. D. L. I. C. M. I. R. M. I. R. C. Dr. Ing. Gonzalo Casaravilla, PROYECTO PDT S/C/ OP/16/04 ”Generacion Distribuida En El Uruguay: Evaluacion De Fortalezas, Oportunidades Y Tratamiento Regulatorio, Ute, Ursea: Iie-Udelar, Junio de 2006.
- [14] www.conelec.gob.ec.
- [15] C. N. d. Electricidad, Plan Maestro de Electrificación, Quito-Ecuador www.conelec.gob.ec, 2009-2020.
- [16] CONELEC, Inventario de recursos Energéticos del Ecuador con fines de Generación Eléctrica, www.conelec@gob.ec, 2009.
- [17] h. A J Wright & J R Formby, “Overcoming barriers to scheduling embedded generation to support distribution networks”.
- [18] C. Richard, Regulatory Assistance Project on Distributed Resource Policies “Distributed resources and electric system reliability”, septiembre 2001..
- [19] J. M. a. G. B. G.W. Ault, Strategic analysis framework for evaluating distributed generation and utility strategies IEE Proc.Gener. Transm. Distrib.. Vol 150, No. 4, July 2003.
- [20] B. P. J. C. S. U. d. C. Prof. Roberto C. Lotero Unioeste Foz de Iguacú, Incentivos a la Generación Distribuida en la Planificación de la Red de Distribución, España, 17 de junio de 2009.



Edgar Fernando Durán Contreras.-  
Jefe de Departamento de Distribución Zona 1 - EE CENTROSUR, Universidad de Cuenca: Ingeniero Eléctrico. Master en SEP; Docente en la Universidad Politécnica Salesiana - Facultad de Ingeniería Eléctrica;

dicta las materias de SEP I, Diseños de Sistemas de Distribución I y II, Electrotecnia I y II, Circuitos Eléctricos I y II, Luminotecnia. Docente de Seminarios de Distribución para ECUACIER.