

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELÉCTRICAS INNOVADORAS

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: diciembre 2025

Resumen

El crecimiento demográfico y urbano experimentado en la ciudad de Malabo durante los últimos años ha generado un aumento significativo en la demanda energética, de acuerdo con los datos registrados por el Instituto Nacional de Estadística de Guinea Ecuatorial (INEGE). Este incremento en el consumo eléctrico ha puesto de manifiesto la necesidad de optimizar la eficiencia del sistema de generación, transmisión y distribución, con el objetivo de garantizar un suministro estable, continuo y técnicamente eficiente que responda plenamente a los requerimientos de los usuarios.

El presente artículo analiza la dinámica del crecimiento energético urbano en Malabo y sus implicaciones en la red eléctrica nacional. Asimismo, se plantea un conjunto de soluciones técnicas orientadas a incrementar la eficiencia y sostenibilidad del sistema eléctrico, abarcando acciones de corto y largo plazo. Estas soluciones incluyen la modernización de la infraestructura eléctrica, la implementación de tecnologías inteligentes de gestión de la energía, y la integración de fuentes renovables en la matriz de generación, con el propósito de mejorar la fiabilidad operativa y reducir las pérdidas técnicas en el sistema.

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

1. INTRODUCCION

La región insular de Guinea Ecuatorial tiene como fuente de generación de electricidad la **Central de Turbogas**, una central termoeléctrica de ciclo simple de Brayton, turbina de gas.

El gas extraído en la mar (offshore) y procesado en tierra (onshore) en la planta de la empresa internacional Conocophillips es el suministro para el funcionamiento de las turbinas de la central.

La demanda eléctrica ha experimentado un incremento exponencial en las últimas décadas, impulsado principalmente por la expansión del sistema de transporte electrificado, el crecimiento de la infraestructura pública y el aumento de las actividades industriales y residenciales conectadas a la red. Este aumento de la carga coincide con un notable crecimiento demográfico: la población pasó de **260.462** habitantes en **2001** a **334.463** habitantes en el censo de **2015** y en la actualidad (2025) **442.871** habitantes según datos de **INEGE** en la región insular del país. Este crecimiento va adherido al crecimiento exponencial de viviendas ya sean urbanas como rurales. En el año **2002**, se hizo un censo en el cual teníamos un cómputo global de **25.557** viviendas en la región insular y en el último censo detallado en el anuario estadístico de viviendas de **INEGE** del año **2025** es de **120.060** hogares, evidenciando un incremento que intensifica la presión sobre la capacidad instalada y la calidad del suministro. En este contexto, la ingeniería eléctrica adquiere una relevancia estratégica para garantizar la planificación, optimización y modernización de los sistemas de generación, transmisión y distribución, con el fin de asegurar un desarrollo energético sostenible y una operación fiable frente a la creciente demanda regional.

La siguiente tabla indica la distribución de las viviendas en áreas urbanas y rurales en todo el ámbito nacional, el censo fue elaborado en el año 2002 por INEGE.

Unidad Administrativa	Total país	Total urbana	Moderna	Semi – moderna	Tradicional	Total Rural	Moderna	Semi-moderna	Tradicional
SAN A. PALEA	969	969	464	466	39	0	0	0	0
MALABO	19.635	17.029	8.593	7.702	734	2.606	1.275	1.200	131
BANEY	1.843	813	326	290	197	1.030	450	358	222
REBOLA	721	454	217	213	24	267	128	125	14
LUBA	2.593	550	400	138	12	2.043	781	650	612
RIABA	765	66	30	29	7	699	223	250	226
BATA	19.593	15.280	5.094	5.200	4.986	4.313	1.329	1.547	1.437
MACHINDA	1.143	140	50	51	39	1.003	300	548	155
RIO CAMPO	762	339	100	146	93	423	92	190	141
COGO	2.439	168	45	67	56	2.271	404	925	942
CORISCO	167	104	22	37	45	63	2	5	56
MBINI	1.782	305	90	118	97	1.477	200	582	695
BITICA	513	109	40	30	39	404	117	134	153
EVINAYONG	4.259	553	210	184	159	3.706	954	1.470	1.282
BICURGA	1.499	225	75	80	70	1.274	320	528	426
NIEFANG	3.808	400	133	167	100	3.408	710	1.136	1.562
NKIMI	1.598	251	87	52	112	1.347	349	428	570
ACURENAM	2.050	341	120	140	81	1.709	300	569	840
EBIBEYIN	4.637	657	241	221	195	3.980	1.156	1.321	1.503
BIDJABIDJAN	2.257	237	100	58	79	2.020	247	673	1.100
MICOMESENG	1.518	264	182	40	42	1.254	214	418	622
NKUE	1.374	141	47	53	41	1.233	321	410	502
NSANG	689	112	25	37	50	577	110	156	311
NSOK NSOMO	2.647	136	32	40	64	2.511	510	764	1.237
MONGOMO	3.200	585	450	100	35	2.615	775	815	1.025
MONGOMEYEN	1.082	145	15	30	100	937	122	312	503
AÑISOK	3.055	393	152	137	104	2.662	576	622	1.464
AYENE	1.206	180	12	40	128	1.026	171	342	513
NSORK	1.026	176	60	71	45	850	100	183	567
ACONIBE	1.724	280	40	70	170	1.444	75	121	1.248
TOTAL	90.554	41.402	17.452	16.007	7.943	49.152	12.311	16.782	20.059

Tabla 1: Distribución de las Viviendas y Área Urbana y Rural, así como tipo de construcción (INEGE)

Mientras esta tabla indica la composición de los hogares por área geográfica en todo el ámbito nacional, el censo fue elaborado en el año 2025 por INEGE.

Área geográfica	Total	Unipersonal	Monoparental	Biparental	Extenso	Compuesto
Guinea Ecuatorial	399.533	24,3	8,8	26,0	39,9	1,0
Región						
Continental	279.473	23,4	7,5	26,1	42,0	1,0
Insular	120.060	26,4	11,8	26,0	35,0	0,8
Zona						
Urbana	258.089	22,2	10,4	24,7	41,5	1,2
Rural	141.444	28,2	5,8	28,3	37,2	0,5
Provincia						
Annobón	2.266	30,4	16,3	26,8	26,5	-
Bioko Norte	101.454	23,8	12,4	26,0	37,0	0,9
Bioko Sur	16.340	42,1	7,6	25,9	24,0	0,4
Centro Sur	47.763	23,9	6,0	29,0	40,7	0,4
Kie Ntem	63.315	21,9	6,1	29,5	41,1	1,4
Litoral	107.078	21,4	8,2	25,6	43,5	1,3
Wele Nzaz	61.317	28,2	9,0	20,6	41,5	0,7

Tabla 2: Composición de los hogares por área geográfica (INEGE)

La siguiente tabla indica el censo de población elaborado tanto en el año 2001 así como el elaborado en 2015 en todo el ámbito nacional.

Región	Censo 2001		Censo 2015			
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Nacionales	Extranjeros
Annobon	2.093	2.915	2.658	2.574	4.929	303
Bioko Norte	116.872	114.556	162.211	137.625	245.266	54.570
Bioko Sur	15.263	13.771	17.625	17.002	32.030	2.597
Litoral	148.870	149.544	202.103	164.027	295.467	70.663
Centro Sur	61.473	64.383	71.803	70.100	128.848	13.055
Kie Ntem	79.623	87.656	91.116	92.215	155.098	28.233
Wele Nzaz	77.193	80.787	104.304	87.079	151.193	40.190
Total País	1.014.999			1.222.442		

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

Tabla 3: población y tasa de crecimiento (INEGE)

La tabla ofrece información detallada sobre la distribución de la población de Guinea Ecuatorial por sexo y área geográfica en el último censo elaborado por INEGE en el año 2025.

Área geográfica	Total	Urbana		Rural	
		Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
Guinea Ecuatorial	1.594.432	537.624	563.007	237.541	256.260
Región					
Continental	1.151.561	354.323	376.322	200.192	220.724
Insular	442.871	183.301	186.685	37.349	35.536
Provincia					
Annobón	6.914	3.433	3.481	-	-
Bioko Norte	390.840	167.071	171.200	26.913	25.656
Bioko Sur	45.117	12.797	12.004	10.436	9.880
Centro Sur	184.749	46.699	49.925	42.962	45.163
Kie Ntem	238.979	43.937	47.592	68.884	78.566
Litoral	477.985	210.183	221.296	22.670	23.836
Wele Nzas	249.848	53.504	57.509	65.676	73.159

Tabla 4: Distribución de la población total según zona y sexo, por área geográfica (INEGE)

2. DESAFIOS

Para identificar los desafíos inherentes a la mejora de la red eléctrica en sus componentes de generación, transmisión y distribución es necesario formular un conjunto de interrogantes técnicos que permitan diagnosticar con precisión el estado actual del sistema y orientar las actuaciones conforme al marco normativo establecido por la ley de regulación y tarifas eléctricas de Guinea Ecuatorial. Conocer con precisión si la capacidad generada es suficiente para la demanda actual o futura. Cabe señalar que la Sociedad Eléctrica de Guinea Ecuatorial (SEGESA) es responsable de las funciones de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, mientras que las actividades de generación corresponden a la empresa **Turbogas** asistido técnicamente por **CMEC**.



Imagen 1: Planta 1 Turbogas



Imagen 2: Planta 2 Turbogas

La siguiente imagen ilustra la potencia nominal de las turbinas en condiciones ISO y la potencia nominal disponible una vez puestas en funcionamiento.

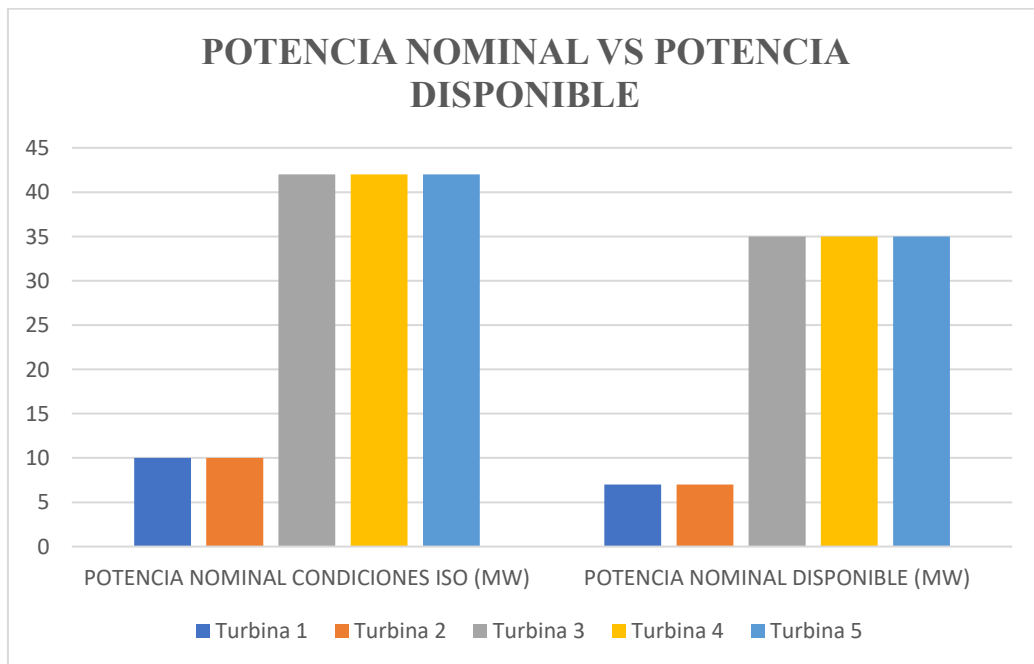


Imagen 3: Grafico de la potencia nominal vs potencia disponible

La tabla siguiente presenta la potencia nominal en condiciones ISO de las turbinas actualmente operativas en la central de Turbogas. Sin embargo, debido a las condiciones ambientales asociadas a la ubicación geográfica de Guinea Ecuatorial, principalmente la temperatura del aire de admisión, la capacidad efectiva de cada unidad se ve reducida respecto a su valor nominal.

La frecuencia operativa de las turbinas que generan electricidad para la red en Guinea Ecuatorial es de 50 Hz. Las turbinas de (gas, vapor, hidro) están acopladas a generadores síncronos que deben girar a una velocidad exacta para producir 50 Hz especialmente para el continente africano.

Como resultado de estas pérdidas, la potencia disponible del conjunto de unidades se reduce a aproximadamente **157 MW** en condiciones operativas.

UNIDADES	POTENCIA NOMINAL CONDICIONES ISO (MW)	POTENCIA NOMINAL DISPONIBLE (MW)
Turbina x	INDISPONIBLE	INDISPONIBLE
Turbina y	INDISPONIBLE	INDISPONIBLE
Turbina 1	10	7
Turbina 2	10	7
Turbina 3	42	35
Turbina 4	42	35
Turbina 5	42	35
Turbina 6	42	38
TOTAL,	POTENCIA NOMINAL CONDICIONES ISO	188.00 MW
	POTENCIA NOMINAL DISPONIBLE	157.00 MW

Tabla 5: Potencia nominal vs disponible

A medida que la central de Turbogas ha ido creciendo, el gobierno hizo una inversión en la adquisición de nuevas turbinas con mayor capacidad he ido eliminando las unidades de gama baja de menor capacidad, tales que las que producían 8 MW ya no están en funcionamiento. Actualmente están a disposición operativa 6 turbinas.

Cabe resaltar que en febrero del año 2011 la capacidad de producción de la central de turbogas era de **28 MW** al cual se amplió su capacidad de planta con nuevas turbinas de gas de ciclo simple de condición ISO capacidad nominal **42 MW** cada una, lo cual aumento la producción a **157 MW**.

GENERACIÓN

Principales desafíos

1. Capacidad disponible vs demanda real

- ¿La capacidad de generación disponible cubre el pico de demanda actual y futura?

Rt. La demanda eléctrica presenta una tendencia de crecimiento de carácter exponencial. En la situación actual, la central es capaz de cubrir el pico de demanda máxima; sin embargo, las proyecciones a corto y mediano plazo indican que la capacidad instalada resultará insuficiente para atender la demanda real futura. Bajo este escenario, será necesario incorporar nueva capacidad de generación, ya sea mediante la ampliación de la planta existente o a través de nuevas unidades, con el fin de garantizar el suministro eléctrico y evitar déficits de potencia en los próximos años.

2. Integración de energías renovables

- Sincronizar renovables (eólica, geotérmica) con la actual (combustión de gas/térmica).
- Necesidad de sistemas de almacenamiento.

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

- Para consumos entre 2.501 kW y 5.000 kW, la tarifa es de 85 francos CFA por kW.
- Para consumos superiores a 25.000 kW, la tarifa es de 60 francos CFA por kW

4. Eficiencia de la planta

- Mejora en la utilización del sistema SCADA para monitoreo avanzado y formación de técnicos para su mejor uso.

Preguntas técnicas clave

- ¿Existen estudios de expansión y demanda a 10–20 años?

Rt. La oficina económica y comercial de España en Malabo (Proexca) hizo un estudio de expansión en el año 2010 a 2020, tomando sus artículos como referencia podemos estimar la demanda en los siguientes 10 años.

- ¿Cómo se calculan los costos de generación usados para fijar tarifas?
 - Costos fijos (sueldos del personal, mantenimiento programado, costos administrativos, seguros)
 - Costos variables (Combustibles, costos de operación, costos de emisiones)
 - Costos de inversión (amortización del capital, retorno permitido al inversionista)

¿Como se combinan para fijar tarifas?

Costos fijos + Costos de inversión + Costos variables proyectados

Costo total de generación = $\frac{\text{Costos fijos + Costos de inversión + Costos variables proyectados}}{\text{Energía generada esperada}}$

TRANSPORTE

Principales desafíos

(Responsabilidad de SEGESA)

1. Infraestructura envejecida o insuficiente

- Líneas de alta tensión (H/T) con limitaciones, hay una clara diferencia entre la L1 y L2

L1.....Linea de transmisión.....66 KV

L2.....Linea de transmisión.....33 kV

- Algunas subestaciones antiguas con protecciones obsoletas.

2. Pérdidas técnicas elevadas

- Mal dimensionamiento de transformadores.

Preguntas técnicas clave

- ¿La red cuenta con estudios de flujo de carga y cortocircuito actualizados?

Rt. Con base en la información disponible y en el comportamiento operativo del sistema, se puede concluir que SEGESA no dispone de un estudio integral y actualizado de flujo de carga y de análisis de cortocircuito para la red de distribución y subtransmisión de la ciudad de Malabo.

DISTRIBUCION

Principales desafíos

(Responsabilidad de SEGESA)

1. Perdidas técnicas y comerciales

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

- Medición deficiente
- Transformadores sobrecargados

2. Redes mal diseñadas para el crecimiento urbano

- Expansiones de viviendas improvisadas sin estudios de carga.

3. Medición, facturación y cobro

- Necesidad de utilizar medidores inteligentes (Smart meters).
- Error en lectura manual que genera pérdidas comerciales.
- El sistema de pago (igual), una de las mayores pérdidas comerciales para la empresa.

4. Normativas de tarifas

- La tarifa debe reflejar también:
 - costos de distribución
 - costo de energía comprada a la generadora
 - pérdidas permitidas según la ley
- Desafío: equilibrio entre sostenibilidad financiera y capacidad de pago del consumidor.

Preguntas técnicas clave

- ¿Están los transformadores de distribución operando dentro de su capacidad nominal?

Rt. Los transformadores de distribución instalados en la red se encuentran operando por encima de su capacidad nominal y de sus límites térmicos continuos, consecuencia directa del incremento de la demanda derivado del crecimiento demográfico, la densificación urbana y la expansión no planificada de las cargas.

Otra de las causas es la constante regulación de los tap de los transformadores para poder estabilizar la tensión de entrada que llega desde la central.

3. PROPUESTAS DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS ELÉCTRICAS INNOVADORAS

GENERACIÓN

1. Capacidad disponible vs demanda real

Soluciones:

- Ampliar la red eléctrica construyendo nuevos centros de distribución.
- Baterías de gran escala

Instalación de baterías, grupos electrógenos de apoyo y socorro para zonas críticas como: hospitales, bancos, cárceles... que sirvan de apoyo durante 5-10 horas en momentos de apagones mientras se reestablece el fluido eléctrico.

- Reactivación de la central hidroeléctrica de Riaba de 4 MW, Central Térmica Diesel de Semu de 7 MW y la reactivación de las mini centrales hidroeléctricas de Musola 1&2 todas en conexión de anillo, interconectadas con la actual Central de Turbogas.

2. Fiabilidad y disponibilidad de la planta

Soluciones:

- Implantación de mantenimiento predictivo mediante sensores IoT, análisis de vibraciones y termografía en línea y evitar el uso de herramientas manuales como es el thermal camera.

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

- Adopción de sistemas CMMS avanzados (Computerized Maintenance Management System) para gestión de activos y planificación de paradas.
- La central que disponemos es de ciclo simple, debemos aprovechar la energía que se desperdicia en las turbinas de Turbogas para pasar a turbinas de ciclo combinado de vapor.

La temperatura nominal de escape de las turbinas de 42 MW es de (558 x 4) °C unos 2232 °C en condiciones ISO suficientes para poner en funcionamiento cuatro turbinas de ciclo combinado.

Para poner en funcionamiento una turbina de ciclo combinado se necesitan unos 500-600 °C para poder operar con una presión de 80-150 bar. Se requiere al menos vapor sobrecalentado a mas de 500 °C para condiciones mínimas de operación.

3. Integración de energías renovables

Soluciones:

- Implementación de sistemas de almacenamiento de energía (BESS) para regulación primaria, secundaria y gestión de picos.
- Por ubicación y fuente de obtención de energía primaria en la isla de Bioko, la energía eólica es bastante recomendable debido a que estamos rodeados de agua, esta condición proporciona fuertes vientos y la energía geotérmica o volcánica aprovechando el pico Basile o dada a la abundancia de gas, ampliar la central actual utilizando turbinas mas potentes de ciclo simple o menos turbinas, pero de ciclo combinado.

4. Eficiencia de la planta

Solución:

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

- Mejora en la utilización del sistema SCADA para monitoreo avanzado y formación de técnicos para su mejor uso.

TRANSPORTE

Soluciones Eléctricas Innovadoras (SEGESA)

1. Infraestructura envejecida o insuficiente

Soluciones:

- Implementación de líneas compactas HTLS (High Temperature Low Sag) para aumentar capacidad sin construir nuevas torres.
- Modernización de subestaciones mediante GIS (Gas Insulated Switchgear) que reducen espacio, fallas y mantenimiento.
- Integración de transformadores con monitoreo en línea de temperatura, humedad y descargas parciales.

2. Pérdidas técnicas elevadas

Soluciones:

- Instalación de bancos de capacitores automáticos, STATCOMs y SVCs para mejorar factor de potencia y estabilizar el voltaje.
- Reconfiguración de líneas y optimización de conductores con simulaciones de flujo de carga en tiempo real.

DISTRIBUCIÓN

Soluciones Eléctricas Innovadoras (SEGESA)

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

1. Altas pérdidas técnicas y comerciales

Soluciones:

- Instalación de sensores IoT en transformadores para detectar sobrecargas y pérdidas en tiempo real.
- Implementación de LED en el alumbrado público para mejorar visibilidad, reducción del consumo y tener mayor durabilidad de la lámpara.
- Implementación de un Sistema Antifraude basado en IA que analice patrones de consumo irregulares.
- Abolir el sistema iguala e implementar contadores residenciales, industriales y comerciales en todo el ámbito nacional para que todos los consumidores puedan efectuar sus pagos correctamente así maximizar los beneficios de la empresa.

2. Redes insuficientes por el crecimiento urbano

Soluciones:

- Diseño de redes de media tensión en anillo cerrado con reconectores automáticos.
- Uso de modelos de planificación urbana eléctrica digital que simulan escenarios de crecimiento (Digital Twins).

3. Mejora de servicio

Soluciones:

- Instalación de reguladores automáticos de tensión, reconectores inteligentes y fusibles auto-seccionadores.
- Implementación de FLISR (Fault Location, Isolation and Service Restoration) para restauración automática del servicio.

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

4. Medición, facturación y cobro

Soluciones:

- Sistema AMI con tarifas dinámicas, control remoto y detección de manipulación del medidor.
- Eliminación progresiva del sistema de “igualada”, sustituyéndolo por consumo real medido.
- Implementación de plataformas digitales de cobro (aplicaciones móviles).

3. CONCLUSION

La infraestructura de generación instalada en la región insular permite, en la actualidad, satisfacer los requerimientos de la demanda máxima mediante una planta termoeléctrica de ciclo simple que ha sido ampliada progresivamente en los últimos años. Sin embargo, las proyecciones de crecimiento demográfico, urbanístico e industrial indican un incremento sostenido de la carga eléctrica, lo cual genera un escenario en el que será necesario planificar la expansión de la capacidad instalada y de las infraestructuras asociadas al sistema eléctrico a corto y mediano plazo.

Desde una perspectiva técnico operativa, la mejora de los índices de desempeño energético del sistema puede ser abordada mediante la optimización de la operación de las unidades existentes, la incorporación de tecnologías de mayor eficiencia (por ejemplo, ciclos termodinámicos combinados) y la eventual integración de fuentes renovables y sistemas de almacenamiento, con el fin de reforzar la flexibilidad y resiliencia del sistema frente a variaciones de carga y condiciones ambientales locales.

Asimismo, el desarrollo de estudios prospectivos sobre demanda, expansión y operación de red constituye un componente estratégico para garantizar la adecuación entre capacidad instalada y crecimiento de la demanda, así como para orientar decisiones de inversión y

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

planificación de infraestructura bajo criterios de sostenibilidad energética, confiabilidad operativa y eficiencia económica.

En este sentido, el sistema eléctrico regional enfrenta un contexto de transición tecnológica y aumento de requerimientos energéticos, para el cual resulta pertinente la evaluación de alternativas de expansión, modernización y gestión avanzada de activos, permitiendo asegurar niveles adecuados de calidad, continuidad y seguridad del suministro en los escenarios de crecimiento proyectados

ANEXO

1. **sistema SCADA** - (Supervisory Control and Data Acquisition) es una plataforma de software y hardware para supervisar, controlar y automatizar procesos industriales y de infraestructura en tiempo real
2. **sensores IoT** - Los sensores IoT son dispositivos electrónicos que detectan y miden parámetros físicos del entorno, como temperatura, humedad, luz o movimiento, y transmiten esos datos a través de Internet para su análisis
3. **sistemas CMMS avanzados** - son software que centralizan y optimizan la gestión de mantenimiento, yendo más allá de las funciones básicas para incluir tecnologías como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT) y análisis predictivo.
4. **Sistemas de almacenamiento de energía (BESS)** - una tecnología que almacena electricidad en baterías para su uso posterior. Sirve para estabilizar las redes eléctricas, integrar mejor las energías renovables y proporcionar energía de respaldo.
5. **Líneas compactas HTLS (High Temperature Low Sag)** - Las líneas compactas con conductores HTLS (High Temperature Low Sag) son una

CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CIUDAD DE MALABO: DESAFIOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ELECTRICAS INNOVADORAS.

Autor: Juan Pablo SIOTO ROCA. INGENIERO DE ELECTRICIDAD & ELECTRONICA y Piloto de ROV. IMCA

Fecha: Publicado en www.ahoraeg.com, diciembre 2025

solución avanzada para modernizar y repotenciar las redes de transmisión eléctrica.

6. **GIS (Gas Insulated Switchgear)** - es un sistema eléctrico compacto de alta tensión que utiliza gas hexafluoruro de azufre (SF6) para aislar y encerrar componentes como interruptores y seccionadores.
7. **STATCOMs y SVCs** - son dispositivos para la compensación de potencia reactiva y la mejora de la calidad de la energía.
8. **(Digital Twins)** - son dispositivos para la compensación de potencia reactiva y la mejora de la calidad de la energía.
9. **FLISR (Fault Location, Isolation and Service Restoration)** - La localización de fallas, aislamiento y restauración del servicio (FLISR, por sus siglas en inglés) restablece automáticamente la energía a la mayor cantidad posible de clientes, lo más rápido posible, en caso de una falla permanente. Sin una solución de automatización de distribución como FLISR, ese corte debe manejarse manualmente, lo que a menudo resulta en un apagón más grande (en tamaño y duración) de lo necesario.
10. **Sistema AMI** – es un sistema moderno utilizado por las empresas eléctricas para medir, registrar y gestionar el consumo de energía en tiempo real. Reemplaza a los contadores tradicionales y permite una gestión mucho más eficiente.
11. **LED** – (Lighting Emitting Diode, o Diodo Emisor de Luz) es un componente electrónico que emite luz cuando pasa corriente eléctrica a través de él. Hoy es la tecnología más usada para iluminación por su eficiencia, durabilidad y bajo consumo.