

## Implantación de comunidades de energía positiva para el logro de la transición energética en Venezuela

### **Introducción**

La transición energética es una necesidad y una prioridad para alcanzar los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) propuestos por la Naciones Unidas y aceptados por los países firmante y es parte específicamente de los ODS 7, energía limpia asequible para todos, ODS 11, ciudades y comunidades sustentables y ODS 13, acción climática, de acuerdo a Derkenbaeva et al., (2022). Continúan Derkenbaeva et al., (2022) planteando que la transformación de los sistemas eléctricos debe incorporar grandes cambios para hacer que la energía limpia sea accesible para todos. Esto conlleva cambios y retos importantes socioeconómicos, tecnológicos, ambientales, de políticas e institucionales que implican compromisos de las partes. Como parte de la visión holística de las comunidades, nace el concepto de los Distritos de energía Positiva, como una evolución a conceptos anteriores en el área de transición energética conocidos como Edificios de energía cero, edificios de energía cercana a cero, barrios o urbanizaciones de energía cero o positiva, entre otros. Estos conceptos y proyectos con fines de igualar que la cantidad de energía consumida sea casi igual, igual o menor que la energía entregada por fuentes de energía limpia instalada localmente tiene el soporte de la comunidad de investigadores como una solución de aporte importante a la disminución de generación de gases de efecto invernadero.

La transición energética, vista tal y como reportan publicaciones en el mundo, lenta y poco acertada y con poca planificación, lo que deja al país en un retraso evidente en este tema de tanta relevancia en el mundo. Sin embargo, las circunstancias han llevado a que, particularmente en la generación y consumo eléctrico, las fuentes de generación más que más aportan al consumo eléctrico sean limpias, como es el caso de las plantas ubicadas en el bajo Caroní. Sin embargo, para mejorar las condiciones de calidad de la energía a nivel de los clientes finales, continuidad del servicio, mejora, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, permitir que los usuarios del servicio eléctrico se conviertan en actores y participen en las decisiones es necesario que en Venezuela se proyecten los cambios usando los conceptos más recientes y novedosos para ubicarse al nivel de países más avanzados en el área de transición energética.

Las condiciones actuales del sistema y del servicio eléctrico del país se presentan como una oportunidad para hacer cambios importantes que favorezcan la transición energética deben apuntar en el sentido de las más innovadoras investigaciones, comenzando con el cambio de la

matriz energética que incluya el uso masivo de energías limpias y renovables, la participación activa y consciente de los usuarios en las decisiones y la apertura de oportunidades para capitales privados, entre otros.

En este sentido, esta investigación propone el diseño conceptual de un proyecto en el área de lo que es conocido como Distritos de Energía Positiva (en adelante denominados “Comunidades de Energía Positiva” para efectos de esta investigación) presentado para las condiciones del país, concebido y adaptado a comunidades en ciudades venezolanas que permitan identificar cómo estos proyectos participan en la renovación de la matriz energética, estimulan que el usuario sea un ente decisor en la calidad de su servicio eléctrico y contribuyen con la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero del país. En la implantación de las Comunidades de Energía Positiva, de acuerdo con los autores (Bossi et al., 2020), la participación de los ciudadanos, interesados, tecnología y el soporte político es crucial para el éxito del proyecto.

Por otra parte, dado la naturaleza de esta propuesta y las experiencias recogidas en países en los que se han reportado avances en esta área, cada proyecto es un nuevo reto en sí mismo por la cantidad de factores que influyen, la variedad y cantidad de participantes y la diversidad de soluciones posibles, los países de Europa se apoyan en las universidades (hay ejemplos documentados en Noruega, Francia y Países Bajos entre otros) y centros de investigación para garantizar proyectos sólidos y robustos. La participación de las universidades en proyectos de energía positiva sirve para el desarrollo conceptual y de detalle de los proyectos, la negociación entre los participantes (comunidad, gobiernos locales, empresa eléctrica e inversionista, entre otros) y el liderazgo del proyecto por ser una parte interesada más no involucrada.

La propuesta de esta investigación se basa en los pilares propuestos:

- El ciudadano organizado y activo en las decisiones del servicio eléctrico a recibir
- El cambio de la matriz energética en vías a disminuir el consumo de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica
- La participación de las universidades para lograr propuestas técnicas concretas, sólidas y robustas.

### **Características del sistema eléctrico venezolano para la implantación de las Comunidades de Energía Positiva**

El sistema eléctrico venezolano es un sistema eléctrico con estructura tradicional administrado principalmente por CORPORELEC. Se divide en cuatro (4) grandes áreas:

- Generación
- Transmisión
- Distribución
- Comercialización

El área de generación incluye la operación y la gerencia de plantas de generación de cualquier tamaño y nivel de voltaje siempre que contribuyan con la potencia y energía eléctrica del sistema eléctrico nacional. De acuerdo a Santamaría (2021) para 2021, el consumo total de energía eléctrica en Venezuela correspondió a 81,7% generado por las plantas hidráulicas, mientras que el resto (18,3%) se generó en plantas térmicas, no renovable. No se tiene información de cuánta de la energía térmica se generó con gas natural.

Según “*Natural Gas Explained. Natural Gas and the environment*” (s.f) el gas natural es el combustible que emite menos gases de efecto invernadero comparado con el carbón y el petróleo líquido que, de acuerdo a la información publicada correspondería a casi 27% menos que el petróleo líquido y alrededor del 41% menos que el carbón. Aun cuando para Venezuela el gas natural puede ser una opción menos dañina para el ambiente, es importante tener en cuenta que este combustible sigue siendo un subproducto del petróleo y su uso contribuye con los gases de efecto invernadero.

El área de transmisión comprende todas las redes eléctricas a niveles altos de tensión que sirven para transportar la potencia desde los centros de generación a las áreas de consumo. Aún cuando en algunos casos, existen centros de consumo que se sirven directamente de las redes de transmisión, esos casos no forman parte del alcance de este proyecto. Para efectos de este proyecto, estas dos áreas no participan en el diseño ya que las Comunidades de Energía Positiva normalmente se implantan a nivel de las redes de distribución y del grupo de clientes que forman parte de la comunidad del proyecto, por lo que no se describirán con más detalles.

El área de distribución es aquella que engloba todas las redes eléctricas que sirven en los centros de consumo. Son las que conectan el área de transmisión con los usuarios finales del servicio.

La comercialización es el área en la que el usuario se conecta como consumidor al sistema eléctrico y se mantienen datos de este consumo en un sistema comercial. El usuario se cliente en este punto.

Tanto la distribución como la comercialización son áreas de mucha relevancia en los proyectos de energía positiva, por lo que se dedicará más espacio a las características generales de los sistemas.

La red de distribución venezolana la componen circuitos de distribución que parten de subestaciones eléctricas en voltaje de 13,8 kV, 12,47 kV, 8,3kV y 4,8 kV para luego, en la ubicación del usuario, a través de un transformador final, bajar el voltaje a los voltajes preestablecidos para los usuarios (120 V, 480 V, etc.). La distribución y organización de las subestaciones y circuitos no necesariamente sigue una estructura que respete la división geopolítica del país, estados y municipios. Sin embargo, una vez se establecen los límites del sitio asignado al proyecto de energía positiva para una comunidad se pueden identificar los circuitos eléctricos que la alimentan.

La distribución eléctrica en Venezuela la componen un conjunto de circuitos eléctricos que se conectan a una subestación de distribución en el nivel de voltaje de la misma y recorren de forma aérea o subterránea los centros poblados, ciudades, pueblos, caseríos etc. para, en distintos puntos del recorrido acercar la conexión eléctrica al punto de entrada del lugar de entrada final, casa, edificio, galpón, negocio, entre otros. Es responsabilidad del usuario final la instalación eléctrica interna. En el punto de entrada del usuario final Corpoelec debe instalar un equipo de medición de energía eléctrica que dependerá de las características y tipo de servicio acordado entre el usuario y Corpoelec.

Para efectos de los proyectos de energía positiva, tanto la red de distribución y los circuitos, como la conexión al usuario final, la medición de energía y el propio servicio son de importancia vital en el desarrollo conceptual, diseño, implantación y seguimiento

Los proyectos de energía positiva para comunidades organizadas parte del principio de la totalización de la energía (para el alcance de esta investigación sería solo energía eléctrica) que se entrega o genera y se consume en la comunidad con el objetivo de lograr que la energía eléctrica que se genera internamente usando fuentes renovables es mayor a lo que se consume proveniente de Corpoelec, por lo que la comunidad entregaría energía de fuentes renovables al sistema eléctrico existente. Se asume para efectos de este proyecto que la energía que consume la comunidad proveniente de los circuitos de Corpoelec es toda no renovable. Sin embargo, se pudiera considerar que un porcentaje equivalente al generado por Guri se consume en la comunidad bajo estudio, haciendo el balance más viable. La totalización de la energía consumida por fuentes no renovables

debe ser menor a lo generado por las fuentes alternativas internamente en la comunidad. El propósito de la propuesta es que la comunidad se sienta responsable de la generación y consumo de energía eléctrica y pasen de ser usuarios a “prusuarios”, productores-usuarios”.

La premisa de esta propuesta es que partirá de las características actuales de las redes e instalaciones eléctricas sin proponer grandes cambios en las redes existentes que alimentan a la comunidad, más que el desarrollo de nuevas redes en el caso que sea requerido para la incorporación de las nuevas fuentes renovables.

### **Estado del arte**

Las comunidades de energía positiva son espacios de la ciudad en los que la generación de energía dentro del espacio de la comunidad (urbanización, municipio, conjunto, edificio, u, sector, barrio o cualquier otra forma de agruparse) es mayor al consumo total en un período dado que según algunos autores debe ser igual a un año (Gabaldón-Moreno et al. (2021) y Ala-Juusela et al. (2016)).

Esa energía generada o consumida, conceptualmente, debe incluir, en el mejor de los casos implantados, todas las fuentes: gas, gasolina, electricidad de sus diferentes fuentes (térmica, hidráulica, solar fotovoltaica, eólica, solar térmica, otros combustibles). Sin embargo, para en el alcance de esta investigación se propone como una primera etapa, la totalización solamente de la energía eléctrica generada y consumida en las comunidades.

Los investigadores explican que la implantación de Distritos de Energía Positiva (en adelante PED por sus siglas en inglés, *Positive Energy Districts*) en zonas urbanas pueden ser una contribución muy importante para la emisión de gases de efecto invernadero. Son la mejor opción para la descarbonización del ambiente porque además de la contribución de cada caso, puede hacerse muy masiva según Gabaldón-Moreno et al. (2021) y Ala-Juusela et al. (2016).

Aun cuando las comunidades de energía positiva son la mejor opción para el ambiente, su implantación no desmerita cualquier otro esfuerzo que se haga en el sentido de disminuir el consumo de combustibles fósiles en particular para generar electricidad a gran escala. Los proyectos de grandes plantas de energía fotovoltaica o eólica deben seguir adelante al igual que la recuperación y puesta de operación de plantas de generación hidráulicas ya desarrollo y existentes, entre otros.

De acuerdo a Derkenbaeva et al. (2022) parte del reto de alcanzar las metas de energía positiva en una comunidad es usar energía alternativa, renovable, limpia y de bajo costo que

garantice en conjunto al sumar todas las fuentes, durante un año que la energía generada es mayor que la consumida entregada de fuentes no completamente limpias.

Es el reto de esta investigación adaptar los conceptos de los PED de Europa a las posibilidades y características de Venezuela, no solo desde el punto de vista eléctrico de las redes existentes sino de la propiedad y administración de los espacios, uso de los mismos, participación de los gobiernos locales, de la empresa Corpoelec y del ciudadano que probablemente tendrá que ceder espacios para la instalación de las fuentes renovables sea solar fotovoltaica y eólica.

Otro reto importante es consolidar la participación de la comunidad involucrada en el proyecto.

El concepto de los PED en Europa es reciente y los proyectos son considerados proyectos de transición energética a nivel local. La masificación de estos proyectos garantiza una contribución importante al ambiente que todavía no se ha alcanzado (Alpagut et al., 2019).

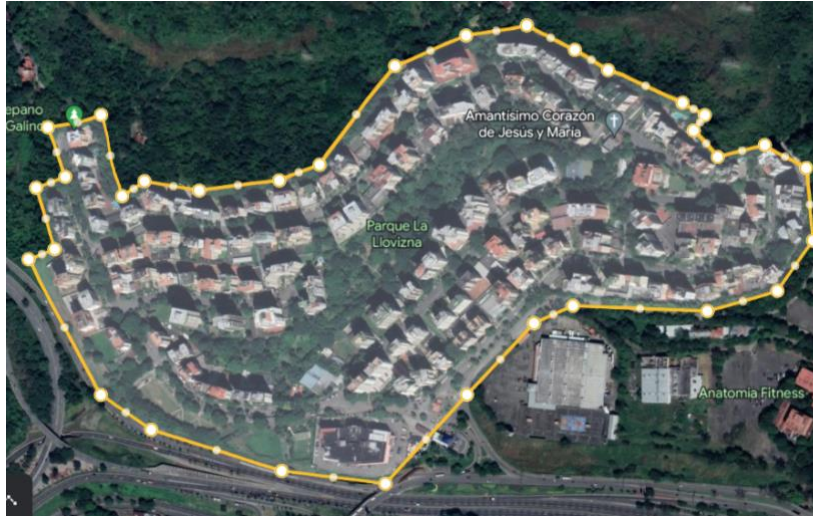
### **Diseño Propuesto**

Para el diseño conceptual de una Comunidad de Energía Positiva en Venezuela e ilustrar las implicaciones, la participación de los actores y de los ciudadanos como entes activos, se presenta un ejemplo usando una comunidad del municipio Sucre en Caracas mostrada en la figura 1 (*Google Earth*), que ocupa 405.900 m<sup>2</sup> de extensión en la falda del Waraira Repano. Esta comunidad consta de una extensa zona residencial, centros comerciales, vías internas de comunicación, parques de recreación, centros educativos y locales comerciales independientes.

Una vez identificada y delimitada la zona geográfica a tratar y negociada la idea con los ciudadanos que habitan en la comunidad, se identifican los circuitos eléctricos, usuarios y consumos históricos de energía eléctrica por lo menos de un año que debe ser compartida por Corpoelec y los espacios disponibles para la instalación de las fuentes renovables (básicamente solar fotovoltaica y eólica de pequeña escala).

Figura 1

Imagen satelital de Terrazas del Ávila demarcada en el exterior



Fuente: Google Earth (<https://earth.google.com/web/@10.50056916,-66.79420224,938.58695173a,1627.55772764d,35y,0h,0t,0r>)

De acuerdo a las características de esta comunidad, los espacios disponibles pueden ser:

- Techos de edificaciones
- Estacionamientos actualmente al aire libre, sin techo
- Áreas de parques
- Algunas áreas verdes.

El balance de energía para el diseño de la solución se calcula usando la ecuación [1]. En el lado izquierdo de la ecuación se totalizan los estimados anuales de energía todas las nuevas fuentes de renovables a instalar en la comunidad, mientras que en el lado derecho de [1] se suman todos los consumos reportados por Corpoelec para todos los usuarios de la comunidad:

$$\sum_{i=1}^{NPR} Wp_i * NMod_i * HPS * 365 + W_{OFR}h - año \geq \sum_{k=1}^{12} \left( \sum_{j=1}^{NSC} Wh - mes_j \right) \quad [1]$$

Donde:

NPR: Número de plantas de energía fotovoltaica

Wp<sub>i</sub>: Vatios pico de los módulos que tendría cada planta

NMod<sub>i</sub>: Número de módulos que podrían instalarse en cada planta

HPS: Horas Pico Solares para la zona (es un valor para cada comunidad)

Wh-año<sub>OFR</sub>: Vatios hora total que producirían otras plantas renovables distintas a fotovoltaicas (eólicas por ejemplo)

Wh-mes: Consumo actual de cada usuario por mes, totalizado en el año

Es importante destacar que la producción de energía renovable, conceptualmente, no debe competir en espacio por áreas verdes, ni áreas útiles para la producción de comida, sin embargo, los ciudadanos deben estar dispuestos a modificar algunas de los usos de sus áreas como parte del compromiso con los proyectos de energía positiva.

Una vez levantada toda la información de consumo de energía eléctrica de los consumidores de Corpoelec, y de los espacios disponibles y susceptibles de incluirse en la negociación, se hacen los cálculos preliminares de la energía renovable (solar o eólica) que pudiese tenerse disponible y la forma de distribuir esa energía en la comunidad, y se calcula el balance con los datos históricos de consumo.

La selección y modelo de la propuesta de Comunidad de Energía positiva es una decisión de muchos factores, es compleja y participan múltiples actores (Alparici-Cerdá et al, 2022) por lo que la selección de las mejores soluciones se puede hacer con AHP (*Analytic Hierarchy Process*), propuesto por Thomas Saaty (Saaty, 1996) como una técnica de decisión en la que los actores pueden participar para decidir y se pueden incluir aspectos subjetivos en la decisión, obteniendo valores matemáticamente soportados. AHP puede usarse para seleccionar lugares, proveedores, etc., siempre que las alternativas disponibles sean más de una y los criterios de decisión estén en conflicto.

La instalación de fuentes de energía renovable locales en la comunidad requiere de participación de capital de inversión privado, de la aprobación de los propietarios para el uso de los espacios.

El balance calculado en [1] debe asumir que una vez instaladas las fuentes locales de energía renovable los usuarios no cambiarán su patrón de consumo por lo que al hacer una proyección de la energía generada en las fuentes locales debe ser mayor que la energía total que históricamente se ha consumido en el período del año inmediatamente anterior al estudio.

Es de hacer notar que en estos proyectos se busca que la energía total que se consume en una comunidad en el período de un año sea menor a la energía que se genera localmente con fuentes de energías limpias administradas por la comunidad. La potencia instantánea que se requiera por los usuarios durante el día puede ser mayor que la disponibilidad de las fuentes locales, siempre que se respete el acumulado en el año.

## **Conclusiones**



Los ciudadanos pueden participar activamente en la descarbonización del planeta con proyectos en los que son actores como son los proyectos de energía positiva, convirtiéndose responsables de la producción y consumo de energía eléctrica.

Debe hacerse accesible la información de consumo de los usuarios, realizar mediciones de consumo mensuales constantes y confiables para garantizar que la proyección de los proyectos de comunidades de energía positiva.

La descarbonización del planeta puede lograrse no sólo con el desarrollo de grandes plantas de generación de responsabilidad de los estados y la participación de inversión privada que pueda acelerar el cambio de la matriz energética, eliminando la dependencia casi exclusiva de la capacidad de inversión del estado para este cambio.

La implantación de proyectos de Comunidades de Energía Positiva en Venezuela es posible si los actores e interesados aceptan y acogen los proyectos con las bondades con las que cuenta.

La implantación de estos proyectos no depende del tamaño de la comunidad, ya que cada contribución a la expansión y masificación de la producción de energía desde fuentes renovables es importante.

## Referencias bibliográficas

- Ala-Juusela, M., Crosbie, T. and Hukkalainen, M. (2016). Defining and operationalizing the concept of an energy positive neighborhood. *Energy Conversion and Management*.
- Alpagut, B, Akyürek and Mitre, E. (2019). Positive Energy Districts methodology and its replication potential," *Proceedings*.
- Aparisi-Cerdá, I., Ribó-Pérez, D., Cuesta-Fernandez, D. and Gómez-Navarro, T. (2022). Planning positive energy districts in urban water fronts: Approach to La Marina de València, Spain. *Energy Conversion and Management*, vol. 265, no. 115795.
- Bossi, S., Gollner, C., and Theierling, S. (2020). Towards 100 Positive Energy Districts in Europe: Preliminary data analysis of 61 European Cases. *Energies*.
- Derkenbaeva, E., Halleck Vega, Hofstede, S., G. and Van Leeuwen, E. (2022). Positive Energy Districts: mainstreaming energy transition in urban areas. *Renewable and Sustainable Energy Review*.
- Natural Gas Explained. Natural Gas and the environment.* (s.f). Tomado de <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/natural-gas-and-the-environment.php>.
- Gabaldón Moreno, A., Vélez, F., Alpagut, B. and Hernández, P. (2021). How to Achieve Positive Energy Districts for Sustainable Cities: A Proposed Calculation Methodology. *Sustainability*, p. 710.
- Saaty, T. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Santamaría, S. (10/11/2021). Matriz energética venezolana, transición y sustentabilidad en el marco de la crisis nacional. [http://aviem.org/wp-content/uploads/2021/12/PRESENTACION-AVIEM\\_Realizada-en-el-C.I.V.-POR-Juan-Santamaria-Ccs-10Nov2021-Rev.publicacionJS30N.pdf](http://aviem.org/wp-content/uploads/2021/12/PRESENTACION-AVIEM_Realizada-en-el-C.I.V.-POR-Juan-Santamaria-Ccs-10Nov2021-Rev.publicacionJS30N.pdf).