Título

Sistema de valuación de unidad de energía en redes Microgrid.

Introducción

Las redes de distribución eléctrica tradicionales contamos con un generador de energía, un distribuidor y un consumidor, la tarifa de la unidad de energía consumida está elaborada por el distribuidor y en caso de un consumidor hogareño es fija. Con el avance de la tecnología y la reducción de los costos de la generación de energía sustentable, surge la posibilidad de que cada usuario pueda generar su propia energía y vender el excedente a la red. Debido a este nuevo paradigma he creado este sistema que genera una tarifa acorde a las circunstancias climatológicas y de demanda de la red por franjas horarias.

Antecedentes

Todo el CO2 generado por el uso de combustibles fósiles han generado lo que se conoce como efecto invernadero en nuestra atmosfera. De las generaciones tradicionales de energía eléctrica el uso de carbón mineral es una de las causas más importantes de generación de CO2. La energía nuclear también se considera contaminante debido a que sus residuos permanecen con actividad radioactiva durante cientos de años posterior a la finalización de su uso. Las centrales hidroeléctricas generan desordenes ecológicos, por ejemplo, zonas bien irrigadas pasan a ser desérticas por la reducción de cursos de agua.

Energía renovable o energía limpia es aquella que su generación no debe producir gases de invernadero neto. Se producen mediante un recurso natural de la Tierra como por ejemplo luz solar, viento, recursos hídricos, calor de superficie o biomasa. (CDE, 2020)

La búsqueda de reducir a cero la contaminación producida por la generación tradicional es que se implementan formas de generación de energía limpia.

En la Unión Europa, su legislación apunta a la reducción de la emisión de carbón instando a la comunidad a generar nuevos servicios energéticos con la participación de los consumidores. De acuerdo con (Consejo, 2019), se define como:

Mercados de la electricidad: los mercados de electricidad, incluidos los no organizados y los intercambios de electricidad, los mercados de negociación de energía, capacidad, balance y servicios auxiliares en cualquier período, incluidos los mercados de futuros, los mercados diarios y los mercados intradiarios.

Contrato con precios dinámicos de electricidad: un contrato de suministro de electricidad entre un suministrador y un cliente final que refleja la variación del precio en los mercados al contado, incluidos los mercados diarios e intradiarios, a intervalos al menos iguales al período de liquidación del mercado.

Sistema de medición inteligente»: un sistema electrónico capaz de medir la cantidad de electricidad vertida a la red o el consumo de electricidad de la red, que proporciona más información que un contador convencional, y capaz de transmitir y recibir datos, con fines de información, seguimiento y control, utilizando una forma de comunicación electrónica.

Empresa eléctrica: cualquier persona física o jurídica que realice al menos una de las funciones siguientes: generación, transporte, distribución, agregación, respuesta de demanda, almacenamiento de energía, suministro o compra de electricidad, y que lleve a cabo las tareas comerciales, técnicas o de mantenimiento relacionadas con estas funciones, pero sin incluir a los clientes finales.

Así mismo en (Consejo, 2019) se establece normas generales de

organización de sector Eléctrico. A continuación, un resumen de algunos artículos importantes:

Artículo 5: Precios de suministro basados en el mercado.

Los suministradores podrán determinar libremente el precio al que suministran electricidad a los clientes. Los Estados miembros adoptarán las medidas adecuadas para garantizar una competencia efectiva entre suministradores.

A más tardar el 31 de diciembre de 2025, la Comisión revisará y presentará un informe al Parlamento Europeo y al Consejo sobre la aplicación del presente artículo con el fin de lograr una fijación de precios de la electricidad minorista basados en el mercado, junto con una propuesta legislativa, si procede. Dicha propuesta legislativa podrá incluir una fecha límite para los precios regulados.

Artículo 7: Líneas Directas.

Todos los productores y empresas de suministro de electricidad establecidos en su territorio puedan suministrar electricidad mediante una línea directa a sus propias instalaciones, filiales y clientes, sin estar sujetos a procedimientos administrativos o costes desproporcionados.

Artículo 13: Contrato de Agregación.

Los Estados miembros garantizarán que todos los clientes sean libres para comprar y vender servicios de electricidad, incluida la agregación, distintos al suministro, independientemente de su contrato de suministro de electricidad y obtenidos a través de una empresa eléctrica de su elección.

Artículo 14: Herramientas de comparación.

Los Estados miembros velarán por que como mínimo los clientes domésticos y las microempresas con un consumo anual esperado inferior a 100.000 kW/h tengan acceso, gratuitamente, al menos a una herramienta de comparación de las ofertas de suministradores, incluidas las ofertas de contratos con precios dinámicos de electricidad. Los clientes serán informados de la disponibilidad de tales herramientas dentro de sus facturas o junto a las mismas, o por otros medios.

Artículo 15: Clientes Activos.

Los Estados miembros garantizarán que los clientes activos tengan derecho a vender electricidad autogenerada, en particular mediante acuerdos de compraventa de energía.

Artículo 17: Respuesta de demanda mediante agregación

Los Estados miembros permitirán y fomentarán la participación de la respuesta a la demanda mediante agregación en los mercados de electricidad. Los Estados miembros permitirán a los clientes finales, incluidos aquellos que ofrecen respuesta de demanda mediante agregación, participar junto a los productores de manera no discriminatoria en todos los mercados de electricidad.

Artículo 19: Sistemas de medición inteligentes.

Los Estados miembros garantizarán el despliegue en sus territorios de sistemas de medición inteligentes que contribuirán a la participación activa de los clientes en el mercado de la electricidad. Dicho despliegue podrá estar sujeta a una valoración de costes y beneficios que deberá realizarse de conformidad con los principios establecidos en el anexo II.

Artículo 20: Funcionalidades de los sistemas de medición inteligente.

Los sistemas de medición inteligentes contabilizarán con precisión el consumo real de electricidad y serán capaces de proporcionar a los clientes finales información sobre el tiempo real de uso. Los datos de consumo histórico validados serán accesibles y visibles de manera fácil y segura para los clientes finales previa solicitud y sin costes adicionales. Los datos de consumo en tiempo casi real no validados serán también accesibles al cliente final de manera fácil y segura sin costes adicionales, a través de un interfaz normalizado o de un acceso a distancia, para apoyar programas informatizados de eficiencia energética, respuesta a la demanda y otros servicios.

La seguridad de los sistemas de medición inteligentes y de la transmisión de datos estará garantizada de conformidad con la normativa aplicable de la Unión en materia de seguridad, teniendo debidamente en cuenta las mejores técnicas disponibles para garantizar el máximo nivel de protección en materia de ciberseguridad y teniendo en cuenta asimismo los costes y el principio de proporcionalidad.

Los operadores de los contadores deberán garantizar que los contadores de los clientes activos que viertan electricidad a la red puedan contabilizar la electricidad vertida a la red desde las instalaciones de los clientes activos.

Cuando los clientes finales lo soliciten, los datos sobre la electricidad que viertan a la red y sus datos de consumo eléctrico se pondrán a su disposición, de conformidad con los actos de ejecución adoptados en virtud del artículo 24, a través de una interfaz de comunicación estándar o por acceso remoto, o a disposición de un tercero que actúe en su nombre, en un formato fácilmente comprensible, según lo previsto en el artículo 24, que les permita comparar ofertas en condiciones de igualdad.

En la Argentina aún no existe una regulación como la citada en la Unión Europea.

Descripción Del Área Problemática

Con lo expuesto sobre la legislación, mientras más energía renovable se ponga a disposición en la red por parte de los usuarios como servicio de agregación menos generación de energía tradicional con rastro de carbono se necesitará. La consecuencia clara para el medio ambiente de que cada usuario pueda autoabastecerse de energía no es suficiente motivación para cada usuario decida realizar la inversión necesaria y los cambios que requieran en la instalación del domicilio particular. Hacer rentable la inversión en su domicilio, más allá del ahorro de energía de la red, es la motivación que hace falta para lograr impulsar a realizar esta transformación por parte de los usuarios.

Justificación

Es necesario que las empresas o usuarios que prestan servicios de agregación puedan contar con una herramienta informática para la valorización de la unidad de energía y de esta manera poder maximizar sus ingresos.

Varios beneficios pueden observarse con el uso de la herramienta creada.

Un servicio de agregación puede contar con acumuladores de energía o baterías, las mismas se pueden cargar en momento de luz solar plena o con vientos y elegir descargarlas en la red en el momento en el que el precio de la unidad de energía sea más conveniente.

Una empresa puede tener proyectar el retorno de inversión al momento de empezar un proyecto de generación distribuida, esto da la certidumbre necesaria para tomar la actividad como un emprendimiento.

El uso de la herramienta logra que los servicios de agregación se utilicen en los horarios que corresponde a mayor demanda haciendo eficiente el uso de los recursos energéticos de generación limpia.

Objetivo General Del Proyecto

Diseñar y desarrollar un sistema informático que reciba información por parte de los medidores inteligentes instalados y en base al consumo total de energía en una red distribuida, la energía que aportan los sistemas tradicionales de generación y los sistemas de agregación, junto con las condiciones meteorológicas; valorice el precio de la unidad de energía KW/h.

Objetivos Específicos Del Proyecto

Recabar información de contratos con servicios de agregación cada 15 minutos, mediante servicios de internet.

Recabar información meteorológica con respecto a la incidencia solar y velocidad de vientos, mediante servicios de internet.

Marco Teórico Referencial

Dominio del Problema

Según (Hatziargyriou, 2014). Las microgrids comprenden sistemas de distribución de baja tensión con recursos energéticos distribuidos (micro turbinas, pilas de combustible, fotovoltaica, etc.) junto con dispositivos de almacenamiento (volantes, condensadores de energía y baterías) y cargas flexibles. Dichos sistemas pueden operarse de manera no autónoma, si interconectados a la red, o de forma autónoma, si están desconectados de la red principal. El funcionamiento de micro fuentes en la red puede proporcionar distintos beneficios al sistema en general rendimiento, si se gestiona y coordina eficazmente. (p. 4)

Así mismo (Hatziargyriou, 2014) define un sistema AMR como el responsable de la recopilación de lecturas de contadores electrónicos y se utiliza principalmente para fines de facturación. Por AMI, nos referimos a la capacidad de controlar algunas cargas localmente, ya sea directamente a través del medidor o a través de la red de área doméstica, en cuyo caso el contador electrónico es la puerta de enlace. (p.28)

DSO es responsable de gestionar y controlar el sistema de distribución y también es responsable de recopilar los datos de medición de energía, aunque en la lectura de contadores en algunos países puede ser manejada por una entidad independiente. El DSO envía la medición de datos al proveedor / ESCO, que es un actor del mercado y es responsable, entre otras cosas para la facturación de los clientes.

Controlador de Micro fuente (MC) como el responsable de controlar y monitorear recursos energéticos distribuidos, como generadores distribuidos (DG), dispositivos de almacenamiento y cargas, incluidos los vehículos. El MC podría ser un dispositivo de hardware independiente o una pieza de software instalada en el contador electrónico, la interfaz electrónica de potencia en el DG o cualquier dispositivo en el campo con suficiente capacidad de procesamiento. (p.30)

El controlador central de microgrid (MGCC) proporciona la interfaz principal entre la microgrid y otros actores como el Operador del Sistema de Distribución (DSO) o la Compañía de Servicio de Energía (ESCO), pudiendo asumir diferentes roles, que van desde la responsabilidad principal de la maximización del valor de la microgrid hasta la simple coordinación de los MC locales. Puede proporcionar puntos de ajuste para los MC o simplemente monitorear o supervisar su funcionamiento. Está alojado en la subestación media o baja tensión y comprende un conjunto de rutinas de software de diversas funcionalidades en función de su función. (p.30)



Ilustración 1. (Hatziargyriou, 2014) (p.30). Figura 2.4. Estructura típica de la administración de una microgrid.

El sistema de gestión de distribución (DMS) es responsable entre otros por la colaboración entre el Operador del Sistema de Distribución (DSO), la Compañía de Servicio de Energía (ESCO) y el operador de la microgrid. Se asume la existencia de un sistema troncal, una plataforma, basada en una arquitectura orientada a servicios para la integración de sus funcionalidades. En algunos casos, el software MGCC se puede integrar en esta plataforma. (p.30)

En un enfoque centralizado según (Hatziargyriou, 2014), la principal responsabilidad es la maximización del valor de la microgrid y la optimización de su funcionamiento recae en el MGCC. El MGCC utilizando precios de mercado de costos de electricidad y gas, y basados ​​en preocupaciones de seguridad de la red y solicitudes de servicios auxiliares por el DSO, determina la cantidad de energía que la microgrid debe importar aguas arriba desde el sistema de distribución, optimizando las capacidades de producción o consumo local. El escenario operativo optimizado definido se realiza controlando las micro fuentes y cargas controlables dentro de la microgrid mediante el envío de señales de control al campo. En este marco, las cargas flexibles, no críticas y de estructura pueden eliminarse cuando sea rentable. Además, es necesario para controlar la potencia activa y reactiva real de los componentes. (p.32)

Se requieren pronósticos de la electricidad demandada, del calor, de la generación a partir de fuentes de energía renovables y electricidad externa precios, para las próximas horas, como se muestra en la Figura 2.8. Pronosticando la evolución de estas cantidades nos permite afrontar situaciones inseguras y optimizar la producción costos y en general para maximizar los ingresos del proceso de producción en el mercado. (p.35)



Ilustración 2. (Hatziargyriou, 2014, p.33), Figura 2.8. Principios de control centralizado.

Previsión de la demanda, en sistemas de energía interconectados o en islas grandes, la demanda depende de las condiciones climáticas, hábitos y actividades de los clientes y, por lo tanto, está altamente correlacionado con la hora del día y el tipo del día o estación del año. Por lo general, se requieren predicciones para las próximas 24/48 horas en pasos de tiempo de una hora o de 30 minutos. Por lo general, la precisión de la previsión es alta, del orden de

1-5% - dependiendo del horizonte temporal y el tipo/tamaño del sistema. La incertidumbre puede ser estimado por métodos clásicos, como re muestreo. (p.37)

Pronóstico de producción eólica y fotovoltaica, La previsión a corto plazo es de primordial importancia para integrar la energía eólica energía, especialmente en sistemas de energía más grandes, y existe una literatura muy rica sobre el

tema. La investigación en predicción de energía eólica es un campo

multidisciplinar, ya que combina áreas como meteorología, estadística, modelado físico, inteligencia computacional. En las microgrids, las previsiones de generación renovable se pueden proporcionar de forma centralizada (p. Ej.

en el caso de un MGCC) utilizando la entrada de pronósticos meteorológicos y mediciones pasadas. (p.38)

Pronóstico de precios de electricidad, la previsión a corto plazo de los precios de la electricidad puede ser importante en mercados de electricidad volátiles. Los precios al contado pueden influir significativamente en las decisiones sobre el uso de micro fuentes. Varios enfoques se han probado para este propósito. Los precios de la electricidad varían de otros productos básicos porque el bien principal, la electricidad, no se puede almacenar, lo que implica que no se pueden realizar y administrar inventarios para arbitrar precios a lo largo del tiempo. Como ejemplo, el proceso en Leipzig Power Exchange se puede caracterizar por las siguientes: fuerte reversión media: la desviación del precio debida a efectos aleatorios se corrige a un cierto grado, efecto de la hora del día,

efectos de calendario como días laborables, fines de semana y festivos, efectos estacionales, volatilidad variable en el tiempo y agrupamiento de volatilidad,

alto porcentaje de precios inusuales, principalmente en períodos de alta demanda, efecto de apalancamiento inverso: un choque de precios positivo tiene un impacto mayor que uno negativo, media y varianzas no constantes. (p.39)

Control centralizado

Las microgrids se pueden gestionar de forma centralizada ampliando y adaptando adecuadamente las funcionalidades del sistema de gestión de energía (EMS) existente. Con respecto al funcionamiento en estado estable, como se muestra en la Figura 2.8, la característica básica del control centralizado es que las decisiones sobre el operador de la microgrid o la ESCO se encarga de la operación del control directo de respuesta a la demanda o DER (por ejemplo, almacenamiento instalado a nivel de distribución) a nivel del MGCC. La MGCC está equipado, entre otras cosas, con rutinas de programación que proporcionan

puntos de ajuste a los MC, basados ​​en los objetivos generales de optimización. (p.40)

Las fuentes de energía distribuidas localmente, actuando como actores individuales del mercado o como actores de mercado coordinado, proporcionan energía y servicios auxiliares mediante licitaciones en energía y mercados auxiliares, basados ​​en los precios proporcionados por el sistema. Se pueden establecer dos políticas de mercado distinguido: En el primer caso, la microgrid sirve solo para sus propias necesidades, desplazando tanto energía de la red como económicamente óptima. En el segundo caso, la microgrid participa en

el mercado probablemente a través de un proveedor de servicios de energía o un servicio de agregación. Por su tamaño y la incontrolabilidad de las micro-fuentes, es poco probable que las ofertas de microgrids afecten a más horizontes temporales. Es concebible, sin embargo, tener ofertas de microgrids que cubran un corto período de tiempo, digamos los próximos 15-30 minutos. (p.40)

Además, en el funcionamiento interconectado normal, los consumidores individuales pueden participar en la operación de mercado, proporcionando flexibilidad de carga, directa o indirectamente, mediante controladores programables adecuados. Se supone que cada consumidor puede tener cargas de alta y baja prioridad y enviar ofertas por separado al MGCC para cada uno de ellos. De esta forma, el consumo total del consumidor es conocido de antemano. Algunas de las cargas serán servidas y otras no, según las ofertas tanto de los consumidores como de los productores de energía locales. Se pueden considerar dos opciones para las ofertas de los consumidores: (a) la oferta del consumidor para el suministro de cargas de alta y baja prioridad o (b) oferta del consumidor para deshacerse de cargas de baja prioridad a precios fijos en los próximos períodos operativos. Para las cargas que el MGCC decide no atender, se envía una señal a los controladores de carga en para interrumpir el suministro eléctrico. (p.41)

Cabe señalar que los propietarios de DG o cargas flexibles podrían no tener, como principal motivación, maximización de beneficios obtenidos en el mercado mayorista. En cambio, su objetivo podría ser para satisfacer otras necesidades, como la demanda de calor o el aumento de la calidad del servicio (calidad de la energía). El sistema de control debe ser capaz de identificar las necesidades específicas en cada caso y utilizar el mercado. El equilibrio entre las necesidades individuales y la participación de mercado debe encontrarse en cada caso, por separado.

Operación económica, una microgrid típica funciona de la siguiente manera: El controlador local MC tiene en cuenta la función de costo operativo de la micro fuente, un margen de beneficio buscado por el propietario de la DG, y

los precios del mercado externo proporcionados por el MGCC, con el fin de anunciar ofertas al MGCC, así como limitaciones técnicas. Estas ofertas se realizan a intervalos de tiempo fijos m para las próximas horas, es decir, el horizonte de optimización. Un intervalo típico puede ser de 15 minutos, si

asumir el funcionamiento del sistema de acuerdo con las funciones de los sistemas AMR / AMI actuales. El MGCC optimiza el funcionamiento de la microgrid de acuerdo con los precios del mercado externo, las ofertas recibidas

por las fuentes DG y las cargas pronosticadas, y envía señales a los MC de las fuentes DG para comprometerse y, en su caso, determinar el nivel de su producción. Además, los consumidores dentro de la microgrid pueden ofertar por el suministro de sus cargas durante la próxima hora en el mismo intervalo de m minutos, o podría hacer una oferta para reducir sus cargas, si se remunera de manera justa. En este caso, el MGCC optimiza la operación basada en fuentes DG y ofertas de carga flexible, y envía enviar señales tanto a los MC como a los LC. La figura 2.11 muestra un intercambio de información típico

Flujo en operación de microgrid.



Ilustración 3. (Hatziargyriou, 2014. p.33), Figura 2.11. Circuito cerrado para los mercados de la energía: diagrama de intercambio de información.

El procedimiento de optimización depende claramente de la política de mercado adoptada en la operación de la microgrid. (p.42)

Políticas de mercado. Se asumen dos políticas de mercado: En la primera política, el MGCC apunta a atender la demanda total de la microgrid, utilizando su producción local, tanto como sea posible cuando sea económicamente beneficioso, sin exportar energía a la red de distribución aguas arriba. Además, el MGCC intenta minimizar sus solicitudes de potencia reactiva de la red de distribución. Esto es equivalente al "buen comportamiento ciudadano”. Para el funcionamiento general de toda la operación red de distribución, el comportamiento es muy beneficioso porque: en el momento de máxima demanda que conduce a altos precios de la energía en el mercado abierto, la microgrid. Alivia la posible congestión de la red al suplir parcial o totalmente sus necesidades energéticas la red de distribución no tiene que lidiar con el soporte de potencia reactiva de la microgrid, facilitando el control de voltaje.

Desde el punto de vista de los usuarios finales, el MGCC minimiza el costo operativo de la microgrid, teniendo en cuenta los precios de mercado abierto, la demanda y las ofertas de GD. Los usuarios finales de la microgrid comparten los beneficios de los costos operativos reducidos. En la segunda de las dos políticas, la microgrid participa en el mercado abierto, comprando y vendiendo energía activa y reactiva a la red, probablemente a través de un servicio de agregación o proveedor de servicio de energía. De acuerdo con esta política, el MGCC intenta maximizar el valor de la microgrid, es decir, maximizar los ingresos correspondientes del servicio de agregación, intercambiando energía con la red. A los usuarios finales se les cobra por su consumo de energía activa y reactiva al abrir precios de mercado. Desde el punto de vista de la cuadrícula, esto equivale al comportamiento del "ciudadano ideal". La microgrid se comporta como un único generador capaz de aliviar posibles congestiones de la red no solo en la microgrid en sí, sino también mediante la transferencia de energía a los alimentadores de la red de distribución. Cabe señalar que el MGCC puede tener en cuenta parámetros ambientales como reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), optimizando la operación de la microgrid en consecuencia. (p. 42-43)

TICs

Las tecnologías usadas en el proyecto se describen a continuación.

HTLM. El Lenguaje de Marcado de Hipertexto es el código que se utiliza para estructurar y desplegar una página web y sus contenidos. Por ejemplo, sus contenidos podrían ser párrafos, una lista con viñetas, o imágenes y tablas de datos. HTML no es un lenguaje de programación; es un lenguaje de marcado que define la estructura de tu contenido. HTML consiste en una serie de elementos que usarás para encerrar diferentes partes del contenido para que se vean o comporten de una determinada manera. (contributors, 2021)

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML. Lo que distingue a PHP de algo del lado del cliente como Javascript es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, aunque no se sabrá el código subyacente que era. El servidor web puede ser configurado incluso para que procese todos los ficheros HTML con PHP, por lo que no hay manera de que los usuarios puedan saber qué se tiene debajo de la manga. (PHP: ¿Que es PHP? Manual, s.f.)

Javascript, es un lenguaje interpretado incluido en navegadores,

claramente la manera de mejorar la experiencia de los usuarios y proveer

funcionalidad para la web. Javascript tiene todo el poder necesario para proveer

dinamismo y construir aplicaciones web completamente funcionales. (Gauchat, 2012)(p.18-19)

MySQL es la base de datos de código abierto más popular del mundo. Con su rendimiento, confiabilidad y facilidad de uso comprobados, MySQL se ha convertido en la principal opción de base de datos para aplicaciones basadas en web, utilizada por propiedades web de alto perfil como Facebook, Twitter, YouTube, Yahoo! y muchos más. Oracle impulsa la innovación de MySQL, brindando nuevas capacidades para impulsar aplicaciones web, en la nube, móviles e integradas de próxima generación. (Oracle, 2021)

Blockchain es una tecnología diseñada para administrar un registro de datos online, caracterizada por ser transparente y prácticamente incorruptible. A grandes rasgos, Blockchain se puede pensar como un libro contable, una bitácora o una base de datos donde solo se puede ingresar entradas nuevas y donde todas las existentes no se pueden modificar ni eliminar. Esas entradas, llamadas transacciones, se agrupan en bloques que se van agregando, sucesivamente, al registro en forma de cadena secuencial, cada uno de ellos relacionado necesariamente con el anterior. En ese esquema, si quisiéramos corregir información ya registrada, solo lo podemos hacer mediante el agregado de nueva información. Los datos originales siempre van a permanecer y pueden ser fiscalizados en cualquier momento. (Argentina, 2021)

Competencia

En la ciudad de Brooklyn, Estados Unidos, hay un prototipo de intercambio de energía entre pares que fue puesto en marcha por las empresas LO3, Consensys y Siemens en 2016. La participación por parte de particulares se realiza con sistemas de generación de energía renovable domiciliarios y a través de una plataforma llamada Exergy en la que se facilita las transacciones de igual a igual con contratos inteligentes. (Brooklyn’s Blockchain-Enabled Energy Microgrid, 2021)

En Argentina, en la ciudad de Armstrong, Santa Fe, se desarrolla un proyecto piloto impulsado por el INTI, CELAR y UTN, para la generación distribuida de energía con paneles fotovoltaicos. El Proyecto de Redes Inteligentes con Energías Renovables (PIER) cuenta con la participación techos urbanos para la generación, una planta de una hectárea en zona industrial de la ciudad, medidores inteligentes instalados en los domicilios y equipos inalámbricos instalados estratégicamente en la red eléctrica para su monitoreo. (¿Cómo funciona la primera red eléctrica inteligente de Argentina?, 2018) (IGC Pier Armstrong, 2016)

Diseño Metodológico

Herramientas metodológicas

Se utilizó Scrum para el desarrollo de la aplicación. Según describe su creador (Sutherland’s, 2010)

Las estructuras Scrum se desarrollan en ciclos de trabajo denominados Sprint.

Estas iteraciones duran menos de un mes y, por lo general, medido en semanas. Los Sprint se llevan a cabo uno tras otro. Los Sprint son de duración fija: terminan en una fecha específica si el trabajo se ha completado o no, y nunca se amplían. Por eso, se dice que tienen un tiempo limitado. (p.6)

Recolección de Datos

Se utilizaron muestras de medidores inteligentes de energía de prueba, medidores de corriente sobre punto estratégicos en la red eléctrica. Así mismo ser realizaron entrevistas a clientes que participaron de la prueba sobre preferencias de uso.

Herramientas de software

Se han utilizado las siguientes herramientas para el desarrollo de la aplicación.

MySQL como motor de base de datos, debido a su confiabilidad y flexibilidad en el desarrollo de aplicaciones web. Laravel fue el framework elegido para el desarrollo back-end por su versatilidad y gran apoyo de la comunidad con gran variedad de librerías. Vue.js es la librería utilizada para el desarrollo front-end por su fácil curva de aprendizaje ya que básicamente se utiliza con Javascript vainilla. El IDE utilizado para la escritura de código fue Visual Studio Code por ser un standard en la industria y buen apoyo con librerías que existe.

Planificación

Se realizó la siguiente planificación para el proyecto:

Ilustración 4. Diagrama de Gantt de Planificación. Fuente: elaboración Propia



Relevamiento

El relevamiento se realizó sobre una organización modelada, ya que no se encuentran empresas similares a disposición para tomar como referencia.

Relevamiento Estructural

Se diseñó una organización modela de acuerdo a las necesidades estimadas que podría tener la organización.

Ilustración 5. Organigrama. Fuente: elaboración propia.



El CEO es el encargado de la toma de decisiones estratégicas de la empresa, así como también tomará el rol de proveer futuros negocios a la empresa.

El Gerente Técnico tendrá a cargo la operación técnica en la que se incluye el equipo de desarrollo y testeo, la infraestructura informática dentro y fuera de la oficina.

El Gerente Financiero asumirá la tarea de administrar la economía, las finanzas, los activos y los pasivos de la empresa.

El Gerente de Recursos Humanos estará a cargo de la administración de personal, las liquidaciones de sueldo y nuevas contrataciones.

No existió hardware relevado por ser una organización modelada.

Relevamiento Funcional

No hay procesos directamente relacionados con el áreas o funciones de la organización, ya los mismo son automáticos y correrán automáticamente de acuerdo a las preferencias del cliente.

Se encuentran las siguientes entidades intervinientes:

* Controlador Microgrid Local (MC)
* Controlador Microgrid General (MGCC)
* Medidor / Lector Automático de consumo.
* Blockchain.

Se identifican los siguientes procesos:

1. Informar precios de mercado.
2. Ofertar energía.
3. Confirmar contrato de energía.
4. Auditar contrato inteligente de energía.

Se desarrollarán los procesos enumerados anteriormente:

Proceso: Informar precios de mercado.

Roles: MC y MGCC.

Ejecución: El MGCC calcula un precio de unidad de energía (Watt por hora W/h) por un periodo de 15 minutos. Este cálculo lo realiza en base a las estadísticas de consumo, aporte que realiza la generación distribuida en la microgrid e incidencia solar pronosticada en el horario para el horario en cuestión. Si el consumo del período implica tener que utilizar energía de la red externa a microgrid el valor de la unidad de energía es el más alto. El caso inverso es que haya un excedente en la energía de la microgrid, en este caso tomaría en valor más bajo. El proceso finaliza con una comunicación de los precios de mercado y del horario a cubrir a todos los MCs.

Proceso. Ofertar Energía

Roles: MGCC y MC

Ejecución: El MC en base a los precios de mercado, decide deshacerse de carga a la microgrid. Para lo cual envía una licitación u oferta al MGCC indicando cuanta energía tiene disponible para el período.

Proceso: Confirmar contrato de energía

Roles: MGCC y MC

Ejecución: El MGCC envía un mensaje de respuesta al MC que realizó una oferta confirmando o denegando la contratación de energía. En caso de denegarse no se realiza ninguna acción más. En caso de confirmarse se realizará un contrato inteligente con una transacción en la Blockchain y el MC queda comprometido a servir la energía durante el período acordado.

Proceso: Auditar contrato inteligente de energía

Roles: MGCC y ARM

Ejecución: El MGCC validará la ejecución correcta del contrato, leyendo consumos informados por el ARM (validados en Blockchain). En caso que el contrato se haya cumplido se informa a la cuenta corriente adicionar el monto del contrato. En caso de no haberse cumplido se procederá a penalizar el MC por el no cumplimiento.

Relevamiento de Documentación

Proceso de Negocios

Se adjunta el flujograma de acuerdo al relevamiento funcional.

Ilustración 6. Proceso de negocio. Fuente: Elaboración propia.



# Referencias

*¿Cómo funciona la primera red eléctrica inteligente de Argentina?* (14 de 07 de 2018). Obtenido de Infobae: https://www.infobae.com/def/desarrollo/2018/07/14/como-funciona-la-primera-red-electrica-inteligente-de-argentina/

Argentina, B. f. (2021). *Blockchain federal Argentina*. Obtenido de Blockchain federal Argentina: https://bfa.ar/blockchain/blockchain

*Brooklyn’s Blockchain-Enabled Energy Microgrid*. (2021). Obtenido de Global Opportunity Explorer: https://goexplorer.org/brooklyns-blockchain-enabled-energy-microgrid/

CDE. (20 de 03 de 2020). *La energía renovable en Europa*. Obtenido de Centro de Documentación Europea de la Almería: https://bit.ly/2Pgxr53.

Consejo, P. E. (5 de Junio de 2019). *Directiva (UE) 2019/944. .* Obtenido de El acceso al Derecho de la Unión Europea: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN

contributors, M. a. (2021). *Conceptos básicos de HTML*. Obtenido de MDN web Docs: https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Getting\_started\_with\_the\_web/HTML\_basics

Gauchat, J. D. (2012). *El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript.* Barcelona: MARCOMBO.

Hatziargyriou, N. (2014). *Microgrid: architectures and control.* Union Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.

*IGC Pier Armstrong*. (2016). Obtenido de IGC: http://igc.org.ar/prier/

Oracle. (2021). *MySQL: About MySQL*. Obtenido de MySQL: https://www.mysql.com/about/

*PHP: ¿Que es PHP? Manual*. (s.f.). Obtenido de PHP: Hypertext Preprocessor: https://www.php.net/manual/es/intro-whatis.php

Sutherland’s, J. (2010). *Scrum Handbook.* Boston: Scrum Training Institute Press.