

POTENCIAL ELÉCTRICO DE

COSTA RICA

PARA LA CRIPTOMINERÍA



Potencial eléctrico de Costa Rica para la Criptominería 2021

Índice

Aplicando el potencial eléctrico de Costa Rica para la criptominería	8
Sobre los investigadores.....	10
Nota:	11
Agradecimientos:	11
INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 1.....	12
CAPITULO 1	13
Antecedentes históricos de la matriz eléctrica	13
Bibliografía	14
Caracterización del Grupo ICE.....	15
Bibliografía	17
Proyección de la matriz eléctrica al mundo: el país de las energías renovables	18
Bibliografía	21
La monopolización del sistema eléctrico: cambios de paradigma hacia la innovación y el desarrollo económico	22
Efectos del monopsonio y monopolio del ICE.....	22
Existencia de residual energético a partir de energías renovables	22
Impacto de la diferencia de precios sobre los proveedores eléctricos	24
Bibliografía	25
Documento general: La Energía desde fuentes renovables	26
Concepto de “Energía”.....	26
Clasificación/tipos de energía.....	26
Las fuentes renovables y l.....	26
as energías renovables.....	26
Bibliografía	27
Energías renovables empleadas en Costa Rica	28
Energía hidroeléctrica.....	28
Energía eólica	28
Energía Solar	29
Energía biomasa	29
Energía geotérmica.....	30
Bibliografía	31

Modelos tarifarios del servicio de electricidad en Costa Rica	32
Costos Adicionales sobre el servicio eléctrico	37
Bibliografías:	39
Comparación de precios de la electricidad en Costa Rica	41
Bibliografía	43
Estructura y actores involucrados de la matriz eléctrica.....	45
Organización.....	45
Generación	46
Transmisión.....	54
Distribución	55
Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).....	55
COOPEALFARORUIZ	55
COOPEGUANACASTE R.L.	55
COOPELESCA	55
COOPESANTOS	55
ESPH.....	55
ICE	56
JASEC.....	56
Interacción de los segmentos y esquematización de los actores involucrados.....	59
Generación Distribuida para Autoconsumo	61
1. Características generales, beneficios y contrapartes de la GDA.....	61
Problemática y necesidad de esta implementación	61
Cuadro comparativo de las modalidades	61
Agentes importantes en el país	62
Regulación de la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA)	63
Descripción legal de la regulación: ¿cómo surge el decreto?	63
Procedimiento para acceder a la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA)	64
Procesos, costos asociados, tiempos promedios y similares	65
Respecto al registro general de sistemas de Generación Distribuida para Autoconsumo.....	66
Aspectos adicionales a poner atención	66
Conclusión	67
Bibliografía:	67
Subutilización energética en Costa Rica	68
Metodología del manejo de los excedentes energéticos en Costa Rica	68
Plantas cerradas en años anteriores. (Por reducción de las licitaciones de producción)	70
Sector Privado de manos atadas: decisión del ICE por no renovar contratos y la incapacidad de exportar excedentes..	72
Sobrantes de la generación distribuida (caso del estadio de la liga)	75

Bibliografía	75
INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 2.....	77
CAPITULO 2	78
Un acercamiento a las criptomonedas.....	78
Descripción de las criptomonedas.....	78
Qué son las criptomonedas	78
Beneficios y aspectos de mejora en progreso	79
Privacidad y seguridad	79
Descentralización y autonomía.....	80
Tokenización de activos.....	81
Legitimación de capitales	81
Contraterrorismo	82
Denegación de servicio distribuida (DDoS).....	82
Ataque del 51%	82
Resistencia de parte de los bancos centrales	82
Análisis legal de las criptomonedas y su uso.....	84
Marco de legalidad y aplicabilidad	84
Experiencia de usos de criptomonedas en Costa Rica	87
Panorama internacional de participación	89
Bibliografía	93
Profundizando en las criptomonedas	95
Principales criptomonedas y precios	95
Patrones de mercado de las criptomonedas	98
2.1 Moneda, commodity o propiedad (inventario, activo, intangible, instrumento de inversión).....	98
Uso y tenencia de las criptomonedas	100
Compra, accesibilidad y almacenamiento.....	100
Bibliografía	101
Consumo eléctrico de la criptominería: criterios de oportunidad ante potencial energético.....	102
Datos y perspectiva del consumo energético de la criptominería.....	102
Naturaleza del consumo energético de la minería y algoritmos de consenso.....	103
Alternativas de criptomonedas con “enfoque de sostenibilidad”	103
Propuestas de gestión de las criptomonedas y el incentivo de progreso	104
Debate sobre uso de energías renovables para criptominería	105
Potencial de energías renovables en Costa Rica para criptominería	107
Bibliografía	109

Blockchain	111
El bloque	111
Transacciones.....	112
Hash.....	112
Mineros	113
Nodos.....	113
Criptominería.....	113
Maneras de minar	116
Requerimientos del criptominado	123
Empezando por el Hardware:	123
Rig de minería (unidad básica)	124
Granja de minería	127
Software	128
Introducción al análisis de costos y beneficios.....	128
Costos adicionales de la criptominería y su escala.....	128
Beneficios de la criptominería.....	132
Comparación de costos y beneficios.....	134
Conclusión	135
Bibliografía.....	135
 CAPITULO 3	 137
 Conectando la matriz eléctrica con la criptominería.....	 137
 Determinando la presencia de excedentes energéticos en Costa Rica: Trabajos de campo	 138
Metodología	138
Tipo de observador.....	138
Tipología de la observación.....	138
 Trabajo de campo N° 1: restaurante con método de Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA) en San Pedro de San José.....	 139
 Trabajo de campo N° 2: planta hidroeléctrica en Poás de Alajuela.....	 140
 Anexos.....	 141
Modelos de criptominería con fuentes de energía renovables.....	143
Principales Modelos de Criptominería con Fuentes de Energía Renovables	144
Criptominería con energía solar:	144
Minería de Bitcoin con energía Hidroeléctrica	144
Cripto Minería con energía eólica:.....	144

Principales Obstáculos para la implementación de Energías Renovables	145
Analizando la rentabilidad	145
Prueba empleada.....	145
Construcción de la máquina de criptominería	145
Operatividad.....	147
Escenario 1: Espacio comercial con generación distribuida para autoconsumo	147
Escenario 2: Habitación residencial	148
Escenario 3: Planta hidroeléctrica privada.....	150
Resultados	151
Bibliografía:	153

Aplicando el potencial eléctrico de Costa Rica para la criptominería

Costa Rica se proyecta al mundo como un país con un sector eléctrico de calidad, donde no solo se ha logrado una gran cobertura (99,4% de los hogares poseen acceso a la electricidad), sino que también resalta por el potencial ecológico que ha demostrado desde su matriz, la cual posee una generación promedio de más del 98% en energías renovables. (Grupo ICE, 2020)

No obstante, el desarrollo del modelo costarricense, el cual es cierto que ha sido accesible y solidario, posee mucho espacio de mejora en cuanto a eficiencia y precios. Es un hecho que el acceso a la electricidad es un insumo de un costo muy alto en el país, y parte de las causas de esta situación yace en la monopolización de esta actividad por parte del Estado.

El hecho de que el sector eléctrico se encuentre controlado por el estado ha limitado enormemente la incidencia del sector privado, el cual a partir de 1990 se le permite la producción, no obstante bajo la obligación de venderle únicamente al estado (Por medio de el ICE). Además, el estado compra una cantidad limitada de la demanda (un 30% máximo), y conforme sus capacidades de producción se van expandiendo, menos insumo le compran al sector privado. Inclusive, una última resolución del ICE respecto a este tema indico que no renovará contratos a productores privados.

NCR (2020), menciona en el artículo "Decisión del ICE obliga a apagar siete plantas privadas de generación eléctrica limpia y barata" que:

"La resolución del ICE, fue no renovar contratos de compra de energía y dispuso que en caso de ocuparla la producirá con sus plantas térmicas que son movidas por diésel o saldrá a adquirirla a Centroamérica aunque eso signifique tarifas mayores." (NCR,2020)

Existen inclusive muchas entidades que generan para su autoconsumo, y que, debido a que su producción esta dada a una escala menor, no tienen la oportunidad de vender sus excedentes al ICE, por lo cual este excedente se ve desperdiciado.

Esta limitante histórica del sector privado obstaculiza a su vez el potencial que tiene el país para el desarrollo de energías limpias. La generación privada esta sumamente subutilizada, existe un excedente energético muy grande, y una capacidad de expansión del desarrollo de energías limpias de una gran dimensión, el cual, debido al funcionamiento del sistema, no despega.

En virtud de esta situación, nace la necesidad de buscar medidas alternativas para la utilización de estas energías subutilizadas, o las cuales dejaron de aprovecharse en un 100%. Y, dado la estructura de control estatal, una salida a esta situación podría ser la utilización de dichas fuentes para el desarrollo de una actividad privada, amparado bajo la modalidad de generación distribuida para autoconsumo, regulado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

La generación de actividades privadas con fuentes renovables bajo el modelo de generación distribuida para autoconsumo es una realidad, no obstante, la indagación de una actividad que se use de manera intensiva la electricidad, y que genere un incentivo importante para el uso de la energía subutilizada de los excedentes de algunas plantas, o bien, del uso de plantas que se encuentran apagadas, es el verdadero reto que no ha sido posible de solventar, y es un reto que podría ayudar a potenciar el uso de energías limpias de parte del sector privado en el país.

Es acá donde se encuentra la esencia de esta investigación, y la razón de su desarrollo.

Los autores de esta investigación reconocen esta situación y distinguen a su vez una actividad potencial que podría acoplarse a las características necesarias para hacer de la mano del recurso energético una actividad muy rentable: la criptominería.

8

Diversos factores han hecho que cada vez más individuos se interesen en las criptomonedas, y con esto, que el mundo de las divisas electrónicas crezca enormemente, y por tanto, a generado el crecimiento de la criptominería. Este crecimiento incluye la necesidad de expansión de esta actividad, y el desarrollo de un modelo de producción a escala para que esta actividad sea rentable, a consecuencia de esto, existe un evidente aumento de los costos de los insumos (los costos de capital), y de los costos variables.

Una de las premisas que esta investigación busca confirmar es el hecho de que la electricidad es el insumo más costoso de la criptominería, y de ser así, la rentabilidad de esta actividad, con la utilización de una fuente de energía renovable generaría un incentivo para

desarrollarla y hacer uso de la energía privada que se está desperdiciando en el país.

E espera que las implicaciones de esta investigación tengan un gran impacto en diversas ramas. Primero, se pretende que afecte de manera positiva la manera en la cual se observan los excedentes energeticos y la subutilizacion del potencial energetico en el país. El cual es menospreciado, pues no se contemplan los excedentes existentes de aquellas plantas que estan fuera de la matriz, y, por otro lado, del potencial existente que no se desarrolla por la dinamica organizacional del sector.

Segundo, se espera que tenga un impacto directo sobre el desarrollo de la actividad de la criptomonería, la cual, por factores que la investigación espera identificar, no se ha potenciado de manera significativa. La identificacion de un modelo sustentable -y sostenible- podría impulsar una nueva industria de tecnología, y en especial, brindar el espacio de desarrollo para emprendedores de block chain en el país.

Por último, de manera indirecta, la investigacion colabora con el desarrollo las criptomonedas como un medio descentralizado de cambio en la región, identificando que esta tecnología financiera cumpla con las características de ser sound money, debido a su potencial durabilidad, facilidad de transportar, alta intercambiabilidad y seguridad, con el reto de ser altamente aceptado como dinero.

Adicional a lo anterior, la investigacion a su vez se plantea cuestionarse la capacidad de solventar otro problema, el cual proviene del uso intensivo de la energía de parte de las criptomonedas.

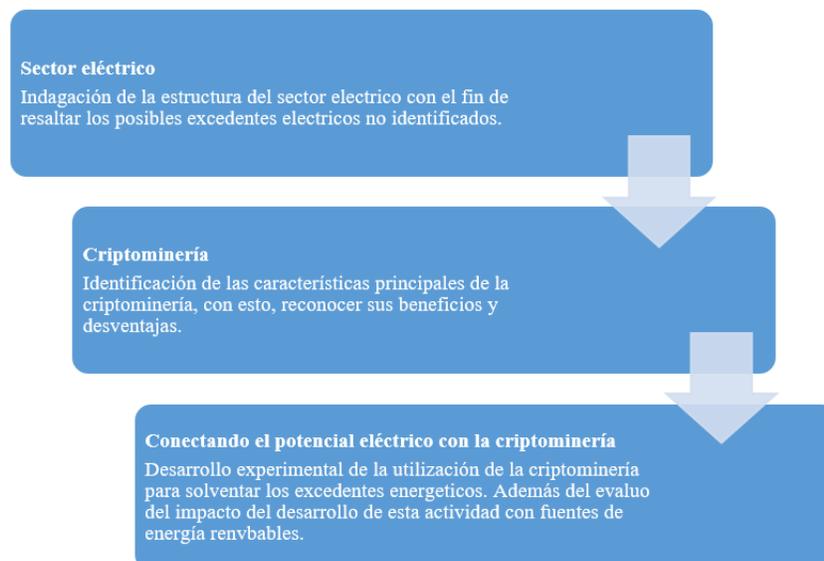
Romero (2019), en su artículo "Vulnerabilidad del Bitcoin", explica que:

"De todas las deficiencias de Bitcoin quizás la más notoria sea el elevado uso de energía que utiliza este sistema de transacciones (...). Por ejemplo, se estima que en 2018 Bitcoin requirió cerca de 73.1 terawatt-horas para funcionar, un consumo eléctrico similar al de Austria, o bien cercano al consumo de electricidad de 6,8 millones de hogares en Estados Unidos." (pág. 8).

Esta problemática de uso de energía se origina específicamente en el tipo de energía utilizada para realizar los procesos de validación -más específicamente, el gran uso de fuentes de energías de combustión para el blockchain-.

Por lo tanto, el desarrollo del uso de energías excedentes en el país -las cuales, dicho sea de paso, son de fuente renovable- para el uso de la criptomonería no es solo un acción que solamente resolvería la subutilización de energía en el país, sino que atacaría también de forma directa el problema ambiental que la criptomonería puede estar generando en el mundo. Esto podría concluir en la identificación de Costa Rica como un espacio de criptomonería libre de carbono.

La construcción de la investigación se realizará de la mano del desarrollo de tres capítulos, los cuales son presentados en el siguiente esquema:



Sobre los investigadores.

El desarrollo de la investigación se realiza de la mano de cinco investigadores, los cuales conforman un equipo de trabajo especializado en diversos sectores, un aspecto que garantizó el éxito de esta investigación.

André Campos Reyes – Investigador (Coordinación)

Politólogo, profesor universitario y estudiante de economía con experiencia en investigación en áreas cualitativas y cuantitativas. Posee un amplio manejo de programas estadísticos como STATA, Python y R. Por otro lado, se le atribuye una gran capacidad de análisis descriptivos en diversas materias, entre ellas, política económica y social.

André coordinó el proceso investigativo, además de desarrollar los procesos descriptivos en áreas de matriz eléctrica y criptominería. Generó un importante aporte bajo el uso de datos para análisis cuantitativos y cualitativos en los diferentes documentos.

Contacto: andrecamposreyes@gmail.com

José Ignacio González Rojas – Investigador

José Ignacio es estudiante de Economía de la Universidad de Costa Rica y ha tomado cursos de Matemática Pura en esta misma casa de enseñanza. En su trayectoria académica se ha desempeñado como asistente de Teoría Microeconómica II en la UCR y posee amplia experiencia de asistente de investigación para profesores de economía en LSE y Sciences Po, laborando actualmente en esta último. En su trayectoria profesional, ha trabajado como analista bursátil y de riesgo para Koppermill Analytics, enfocado en el Mercado Accionario de Nueva York y como asistente de investigación en el departamento de Investigación para el Desarrollo del Banco Mundial.

José Ignacio fue el encargado de la coordinación del capítulo de criptominería. Además, aportó sustancialmente en el desarrollo de la prueba experimental.

Contacto: jigonr@outlook.com

Alberto Sequeira Castro – Investigador

Cursó dos años del Bachillerato en Economía por la Universidad de Costa Rica. Actualmente es estudiante avanzado de la carrera de Relaciones Internacionales por la Universidad Autónoma de Centroamérica y se encuentra cursando el Bachillerato y Licenciatura en Ciencias Políticas en la Universidad de Costa Rica. Alberto posee grandes capacidades para investigación descriptiva. Las relaciones interpersonales (habilidades blandas) representan un fuerte dentro de sus capacidades. Debido a eso, gracias a su conocimiento metodológico, posee gran capacidad de investigación cualitativa y síntesis de información sobre fuentes primarias.

Alberto desarrolló gran parte de la investigación descriptiva sobre la estructura de la matriz eléctrica, criptomonedas y criptominería, además de generar varios análisis indagatorios sobre problemas sociales y recopilación de fuentes primarias de información. Adicional a lo anterior, documentó los trabajos de campo realizados en la presente investigación.

Contacto: alberto.sequeira@yahoo.com

Asdrúbal Vargas Vásquez – Encargado de análisis de políticas públicas

Amplio conocimiento en políticas públicas y derecho. Ha formado parte de organizaciones no gubernamentales y grandes compañías, donde se ha encargado de aspectos relacionados a interacción empresa-gobierno, adquiriendo gran conocimiento práctico del impacto de las políticas en la economía.

El aporte de Asdrúbal en la Investigación recayó sobre el análisis de la injerencia gubernamental en la electricidad y otras actividades. Además, genera un importante aporte sobre la viabilidad legal del uso de criptomonedas y de la criptominería.

Contacto: asdrubalvv@gmail.com

Luis Diego Valverde Gutiérrez – Encargado de gestión y análisis de datos

Luis se encuentra en etapa avanzada en sus estudios en economía, además de poseer un amplio conocimiento y experiencia en contabilidad. Ha trabajado en distintas empresas contables cumpliendo funciones de análisis y seguimiento de activos, digitalización de ingresos y egresos e indagación financiera.

Luis Diego es el encargado de la correcta realización de cuadros estadísticos y el manejo de datos contables y financieros relacionados con el tema.

Contacto: luis_guti10@outlook.com

Nota:

Las ideas expresadas en este libro pertenecen a los autores y no representan la posición de ninguna de las instituciones a las que los autores están o hayan estado afiliados durante la investigación.

Agradecimientos:

Durante el proceso de investigación se contó con la colaboración de Paulo Quiros Gómez, profesional del área de antropología y derecho, Saúl Sánchez Arroyo, Tiffany Campos Esquivel, Daniel Márquez Páez y Valeria Valverde Arias, estudiantes avanzados de la carrera de Economía, los cuales generaron grandes aportes para que el desarrollo de la presente investigación fuese posible. Sin la ayuda y la colaboración de ellos, el proceso investigativo hubiese sido sumamente escaso.

Por otro lado, este documento es el resultado del apoyo generado por la Fundación Friedrich Naumann, quien bajo su eje de Alianza para Centroamérica colabora con el incentivo de investigaciones relacionadas con la energía y la reactivación económica. Sin la colaboración de esta fundación el proceso no hubiese sido completado.

Finalmente, se le agradece enormemente a la empresa Cripto para la Gente, quien generó un valioso aporte para la realización del ejercicio final de la investigación, poniendo a disposición equipo de criptominería y capital humano para su realización.

Existe un gran potencial asociado a las energías renovables en el país, de igual manera, dicho potencial también es palpable en el mundo de la criptominería. Con la esperanza de que este documento sea útil para generar un vínculo entre estos dos mundos y colaborar con la reactivación económica del país, no queda más que agradecer enormemente a todos los que de alguna manera colaboraron con el proceso de que esta investigación sea una realidad.

INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 1

A lo largo de esta sección, se desarrolla una amplia descripción del sector eléctrico costarricense, desde sus cualidades hasta sus espacios de mejora. Si bien, el fin último de esta investigación es la búsqueda de la capacidad energética en el país para el desarrollo de la actividad de la criptominería, resultó sumamente importante generar un documento extenso donde se describiera de manera exhaustiva una matriz que, como se verá a lo largo del capítulo con los diferentes documentos, tiene muchos aspectos positivos, pero también grandes áreas por mejorar, y, por supuesto, un espacio enorme de desarrollo donde actividades energéticas intensivas.

El desarrollo de este capítulo es vital para identificar e indagar distintas premisas que tanto este trabajo como la sociedad en sí se cuestionan constantemente, entre ellas: la identificación de que el precio de la energía es muy alto en comparación con la mayoría de los países de la región y la existencia de un excedente energético de parte del sector privado, el cual está siendo desperdiciado o subutilizado.

Este documento busca poner en evidencia una falla del mercado que se origina por la organización de este sector (y sus fines), el cual encarece el sector productivo y los precios generales de la economía. Se espera también que los distintos documentos aporten en identificar otro problema, llamado coloquialmente por esta investigación como un “desperdicio de energía”, originado por la pérdida de excedentes de parte de las empresas y generadores privados y agravado por el potencial que tiene el país para el desarrollo de energías limpias, que, debido a falta de un espacio de desarrollo y de la escasa habilitación de un mercado, no despegan.

Para la implementación de este apartado y la debida identificación de los aspectos necesarios para validar las premisas planteadas, el desarrollo de esta sección se dividió en cinco partes:

En una primera instancia se desarrolla una breve reseña histórica de la matriz y una descripción general de la proyección del sector eléctrico costarricense al mundo, además de un análisis del impacto de la monopolización del sistema. En una segunda etapa se desarrollan tópicos energéticos bajo el objetivo de ampliar el conocimiento del lector en materia de energías renovables y colaborar con el entendimiento de los documentos posteriores.

Subsiguiente a esto, se analizan los precios de la energía en el país, desde los modelos tarifarios hasta la generación de un análisis comparativo de Costa Rica con el resto de la región y en algunas circunstancias con la OECD.

Seguidamente, se trabaja una descripción rigurosa de la estructura del sector, indagando en los cuatro segmentos principales: la organización, la generación, la distribución y la transmisión. El fin de esta exploración es generar la capacidad de identificar los actores involucrados en cada uno de los procesos planteados, y eventualmente entender la relación entre ellos. En esta subsección se pretende destacar el protagonismo del sector privado e identificar su accionar dentro del sector.

Antes de finalizar el apartado, se genera un breve documento con el desarrollo de la indagación del proceso de generación distribuida para autoconsumo. Esto es esencial para identificar actores productores de energía que no están directamente involucrados en el proceso de interacción del sector. Además de indagar un espacio de potencial que podría utilizarse para solventar de manera alternativa muchas fallas del mercado.

Por último, se realiza una revisión exhaustiva a los excedentes energéticos, en particular, aquellos que parecieran no ser reportados o contabilizados por las instituciones.

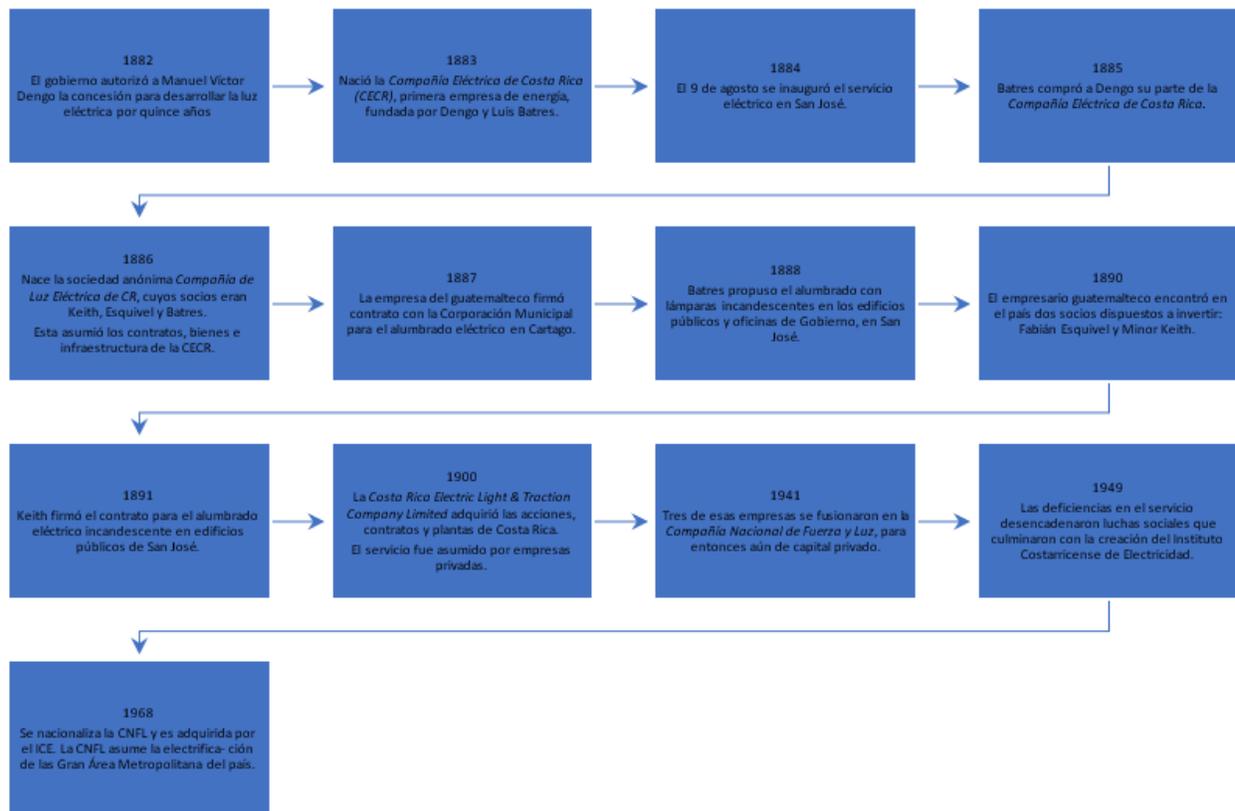
CAPITULO 1

Antecedentes históricos de la matriz eléctrica

Es indudable que el sector eléctrico constituye uno de los servicios más esenciales en una sociedad, tanto para la satisfacción de las necesidades básicas de los individuos como para el desarrollo de la economía en general. Por esa razón, la organización de este factor de producción toma un papel fundamental en el escenario económico y social de un país. El Estado costarricense ha influido en la conformación, misión y visión del sector con las decisiones que ha tomado. Estas influyen en la eficiencia, los alcances y las limitaciones del mismo.

El siguiente esquema presenta el proceso histórico del desarrollo del sector eléctrico en Costa Rica:

Esquema N°1: Evolución histórica del sector eléctrico costarricense



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Grupo ICE (2020).

A pesar de la existencia de un proceso mucho más extenso, el esquema anterior ejemplifica los hitos más destacables de todo el desarrollo histórico que llevó al sector eléctrico a su conformación actual. Es indiscutible que cada uno de los hechos mencionados son importantes y relevantes para la comprensión de la estructura del sector, no obstante, hay dos hitos más destacables que el resto, y que, en particular, para efectos de esta investigación, son claves.

Primero, es importante resaltar la importancia de la creación de la compañía eléctrica nacional (1883), esta institución la cual trajo consigo un proceso de desarrollo de energía importante, empezando con la electrificación de San José en 1884. El Grupo ICE (2020) menciona en "Somos electricidad renovable y solidaria" que San José fue la tercera ciudad electrificada, justo después de Nueva York y París. Esto, en un principio, brindó una mirada muy entusiasta de lo que sería el desarrollo eléctrico en el país.

Segundo, es necesario destacar las luchas ocurridas en 1949, donde se empieza a desarrollar un imaginario social de que la monopolización de la producción y distribución eléctrica en el Estado traería consigo un mayor beneficio social, lo cual desencadenó la figura del Estado como ente central del desarrollo eléctrico en el país. Esta figura estatal ha opacado el desarrollo del sector en su

componente privado, el cual se ha visto excluido y, a pesar de su incorporación en años posteriores, la regulación estatal siempre ha limitado el potencial del desarrollo que se podría generar de la mano de incentivos privados.

Esta búsqueda de centralización tiene sus inicios desde mucho antes de la formalización del ICE. Castillo y Davidovich, mencionan en su tesis “Análisis legal de la generación distribuida de energía eléctrica en Costa Rica”, que:

“Para finales de la década de 1920, se temía que compañías extranjeras se apoderaran de la generación eléctrica en el país, por lo tanto, se llevó a cabo un intento de nacionalización de las empresas eléctricas, en virtud que se abogaba porque esta actividad fuera un servicio asumido únicamente por el Estado. Lo anterior debido a que la transnacional neoyorkina “Electric Bond and Share Company”, se había adueñado desde 1928 de las únicas tres empresas en el Valle Central que brindaban servicio eléctrico.” (Pág.18)

El temor, años posteriores, específicamente en la década de los 40, se intensificó debido a la identificación de escasez en el servicio. (ICE, 2020) El temor a la privatización permeó la historia del sector eléctrico costarricense y concluyó con la instauración del ICE, y, posteriormente, con la nacionalización de otras empresas como la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Esto logró que, de la mano de otras instituciones, se instaure lo que hoy se conoce como el Grupo ICE.

Hay muchos aspectos importantes que se desarrollan posterior a las fechas mencionadas, como, por ejemplo, la regularización de la producción de energía privada en 1990, y la reestructuración de esta misma regulación años después, estos acontecimientos se irán desarrollando más profundamente a lo largo de la investigación. Por ahora, centramos la atención en el entendimiento de la estructura actual y, en particular, del actor principal de la matriz: El Grupo ICE.

Bibliografía

- Castillo, I., & Davidovich, J. (2016). Análisis legal de la generación distribuida de energía eléctrica en Costa Rica (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Grupo ICE. (2015). Costa Rica: Matriz Eléctrica. Un modelo Sostenible, único en el mundo. Extraído de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/8823524c-7cc7-4cef-abde-a1f06e14da0e/matriz_folleto_web2.pdf?MOD=AJPERES&CVID=i8SK4gG
- Grupo ICE. (2020). Somos electricidad renovable y solidaria. Extraído de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a3172c0-b703-4bbf-9d61-b363e822f1c1/Fasciculo_Electricidad_2020_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m.pLjj8

Caracterización del Grupo ICE

En la actualidad, el Instituto Costarricense de Electricidad forma parte del denominado Grupo ICE, por lo que comparte una misión y visión en común con los demás miembros de este. En el primer caso, se dice que la misión del Grupo ICE es “mejorar la calidad de vida de la sociedad costarricense, contribuyendo al desarrollo sostenible del país con soluciones de energía, infocomunicaciones e ingeniería, de manera eficiente, inclusiva y solidaria”. (ICE, 2021) Por el otro lado, para definir su visión, los entes toman como base lo anteriormente mencionado y le añaden los proyectos a futuro: transformación digital y solución íntegra de problemas en los ámbitos en los que estos tratan.

Asimismo, el Grupo ICE se rige por los principios básicos de integridad, compromiso, excelencia, innovación y agilidad, tal y como se muestra en el Esquema N° 1. Así, el grupo se compromete a servir a la nación costarricense de una forma holística.

Esquema N° 1: Valores esenciales del Grupo ICE



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de ICE (2021).

Con esta identidad clara, el conjunto empresarial emprende sus funciones como principal rector de la matriz eléctrica costarricense, así como uno de los entes dominantes en el mercado de las telecomunicaciones.

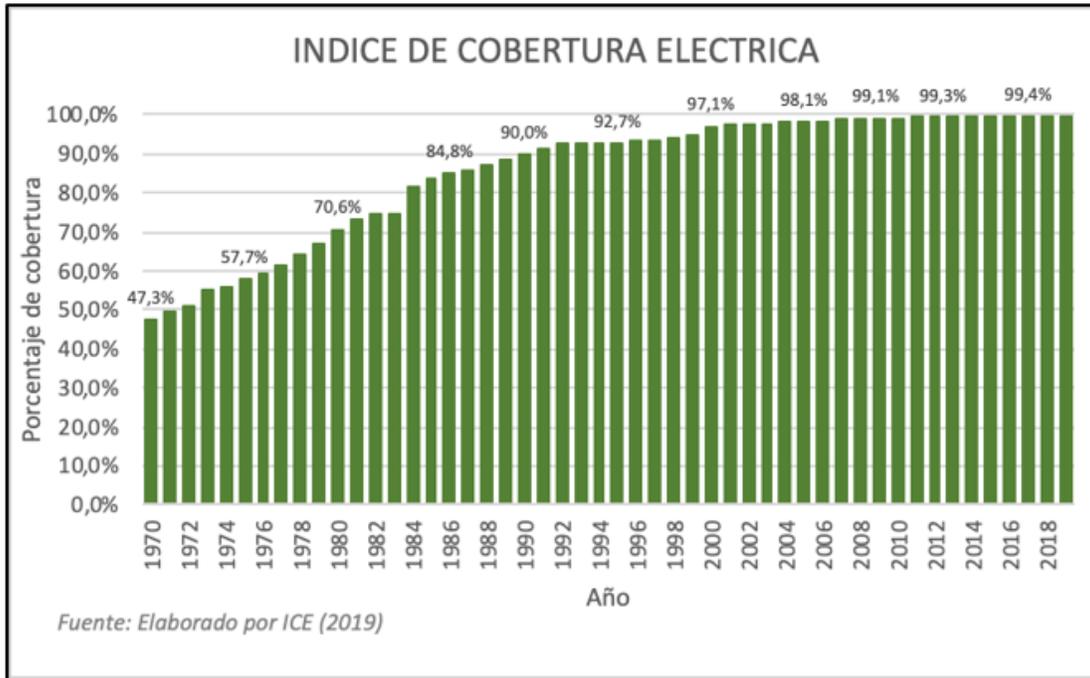
Debe aclararse que el Grupo ICE se encuentra compuesto por cuatro empresas principales. La denominada casa matriz es la homóloga: el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). A este se le encarga la cobertura de la matriz eléctrica, así como un mejor aprovechamiento de los recursos nacionales. También ha incursionado en el mercado de telecomunicaciones por medio de kólbi, facción que pertenece a este.

Adicional al ICE se encuentra la Radiográfica Costarricense (RACSA), la cual se ha encargado, de acuerdo con el ICE (2021), de “brindar soluciones especializadas para el gobierno central, municipalidades” y demás. RACSA (2021) define su misión como “potenciar la transformación digital de nuestros clientes por medio de la innovación y el desarrollo de soluciones tecnológicas”. Esta, también, ha sido una entidad pionera en el avance y la aparición de mejoras en el servicio de telecomunicaciones a lo largo de la historia. (ICE, 2021)

Debe, además, hablarse de los otros dos entes que conforman el grupo. La Compañía Nacional de Fuerza y Luz, encargada –en conjunto con el ICE– de la producción de energía eléctrica, así como la distribución de esta. A su vez, el último ente que compone el Grupo ICE es el de Gestión Cobro, encargado de asuntos meramente administrativos.

En conjunto, estas cuatro empresas le han permitido al Grupo ICE la capacidad de suplir de electricidad a casi el 78% del territorio costarricense, así como manejar una cobertura cercana al 100% del territorio costarricense, como se muestra en el Gráfico N° 1. Se debe destacar que esta energía producida por el ICE es principalmente obtenida por generación hidroeléctrica, aunque también se encuentra la producción geotérmica, eólica y biomásica. Asimismo, se hace uso de los combustibles fósiles, pero solo como último recurso. (Grupo ICE, 2020) Ello implica que la energía provista por este grupo hacia el país es el resultado de un proceso de generación energética limpio y sostenible. Prueba de ello es el destacado logro de permanecer los primeros 75 días del año 2015 únicamente con el uso de energía renovable, lo cual fue reconocido y elogiado a nivel internacional. (ICE, 2015)

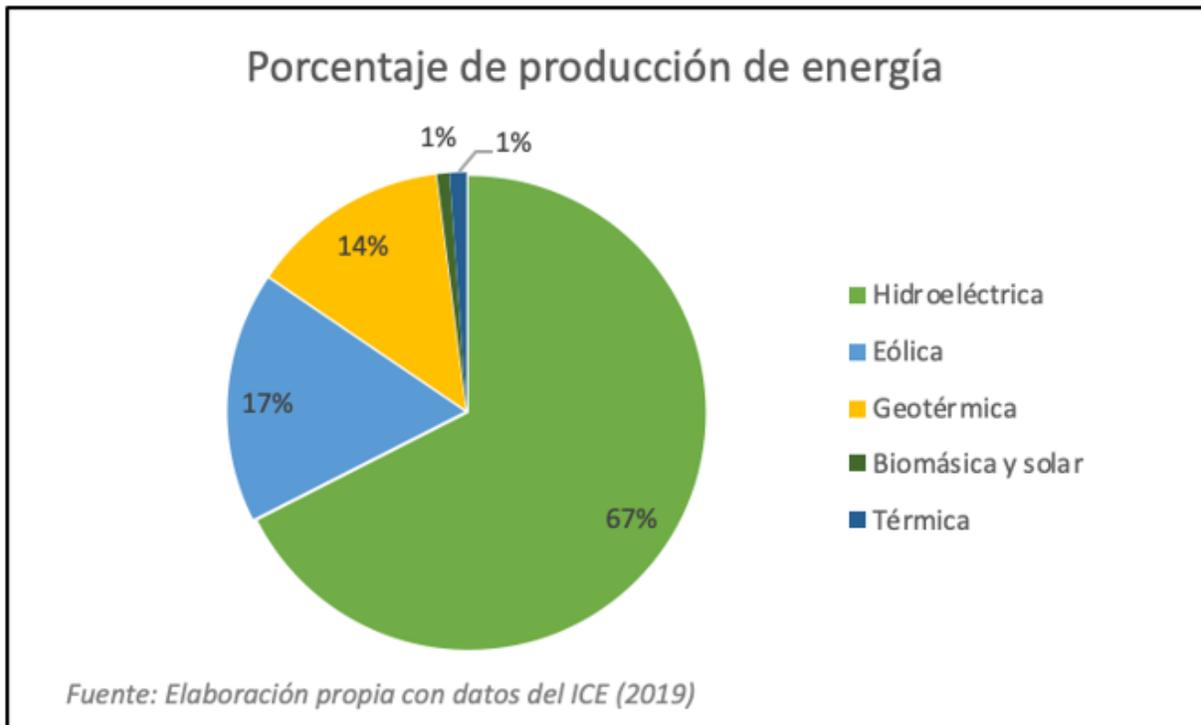
Gráfico N° 1: Índice de Cobertura Eléctrica de Grupo ICE



Fuente: Elaborado por ICE (2019)

Aún más, debe mencionarse que, desde el 2015 hasta el presente (2021), según lo enfatiza Casa Presidencial (2020, con datos del CENCE), el sistema eléctrico nacional está compuesto en más del 98% de diversos procesos de generación de energía renovable, tal y como lo muestra la Gráfico N° 2. Todo ello hace notar que la misión –de la mano con los principios o valores– del Grupo ICE se ha visto satisfactoriamente alcanzada en el último lustro.

Gráfico N° 2: Porcentaje de producción de energía por tipo de fuente



Fuente: Elaboración propia con datos del CENCE 2019, citado por ICE 2020

A estos logros se le suman otras actividades en las que el Instituto Costarricense de Electricidad ha resultado pionero. Ejemplo de esto es la introducción y el constante abastecimiento de fibra óptica, la cual, según Santamaría (2020), ya cubre 733 comunidades del territorio. También puede mencionarse la figura protagonista que ha tenido este en la digitalización del país, desde la televisión digital hasta los convenios con instituciones educativas para favorecer el traslado a la virtualidad, dada la coyuntura de la pandemia.

Por último, para asegurar el cumplimiento de los principios de innovación y compromiso, el Grupo ICE desarrolla la denominada Estrategia 4.0, un plan de desarrollo que se encarga de fijar las metas en el período comprendido entre los años 2019 y 2023. De acuerdo con el ICE (2019), en este se presentan tres principales retos. En primer lugar, la Cuarta Revolución Industrial; la cual engloba el proceso de digitalización nacional, desde el ámbito gubernamental hasta el individual. De ello se rescata el objetivo de la creación de ciudades inteligentes. En segundo lugar, el desarrollo de capacidades digitales, tales como las mejores en ciberseguridad, Big Data, inteligencia artificial, robótica y blockchains. Por último, todo este desarrollo mencionado debe ser sostenible (amigable con el ambiente), para así contribuir con el proceso de descarbonización nacional, así como mantenerse en la misma línea de trabajo que el Grupo ICE ha tenido en este quinquenio.

Bibliografía

- Casa Presidencial. (2020). Costa Rica suma sexto año consecutivo con más de 98% de generación eléctrica renovable. Casa Presidencial. Recuperado de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/12/costa-rica-suma-sexto-ano-consecutivo-con-mas-de-98-de-generacion-electrica-renovable/>
- Grupo ICE. (2020). Somos electricidad renovable y solidaria. Grupo ICE. Recuperado de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a3172c0-b703-4bbf-9d61-b363e822f1c1/Fasciculo_Electricidad_2020_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m.pLjj8
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2015). Costa Rica: Matriz Eléctrica, un modelo único en el mundo. Grupo ICE. Recuperado de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/8823524c-7cc7-4cef-abde-a1f06e14da0e/matriz_folleto_web2.pdf?MOD=AJPERES&CVID=l8SK4gG
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). Estrategia 4.0. Grupo ICE. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/79d84663-b949-460d-b051-ca65d63c0156/Estrategia+4.0+QR+peq.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mKLaQ6C>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). Índice de cobertura Eléctrica 2019. ICE. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/10261169-f251-465d-9b95-0b17c7baa49e/%C3%8Dndice+de+Cobertura+EI%C3%A9ctrica+2019.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n1u6RVf>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2021). ¿Quiénes Somos?. Grupo ICE. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/grupoice-inf>
- Radiográfica Costarricense. (2021). Somos RACSA: Misión. RACSA. Recuperado de: <https://www.racsa.go.cr/somos-racsa/#mision>
- Santamaría, T. (2020). ICE suma 733 comunidades en todo el país con fibra óptica de kólbi. EIMundo.cr. Recuperado de: <https://www.elmundo.cr/costa-rica/ice-suma-733-comunidades-en-todo-el-pais-con-fibra-optica-de-kolbi/>

Proyección de la matriz eléctrica al mundo: el país de las energías renovables

Son dos los principales logros que el país posee en materia energética: (1) el nivel de cobertura y (2) el porcentaje de energía desarrollada con fuentes renovables. Estos dos aspectos fueron claramente identificados y explicados con anterioridad.

A pesar de la importancia de ambos, el aspecto del uso intensivo de las energías renovables ha sido el estandarte no sólo de la matriz, sino del país, cuyos planes de descarbonización han sido claros. El Gobierno de Costa Rica (2018) explica en su Plan de Descarbonización 2018-2050, que:

“Costa Rica apunta a contar con una economía descarbonizada en 2050, que haya alcanzado el nivel de emisiones más bajo posible de forma consistente con la meta climática global – es decir; la meta de contener el incremento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C (e idealmente un límite de aumento a 1.5°C) con respecto a los niveles pre-industriales. La adopción de este objetivo tiene implicaciones claras según la ciencia, se deberá llegar a una economía global de cero emisiones durante la segunda mitad del siglo, por lo que para el año 2050 deberán estar muy avanzados los principales procesos de cambio.” (Pág. 1)

Evidentemente, el accionar del ICE por medio de las implementaciones de uso de energías renovables ha sido un gran aporte, y lo seguirá siendo, para lograr la descarbonización. Se debe enfatizar que los esfuerzos por el uso de energías renovables no son inherentes al proceso de descarbonización, sino que vienen desde mucho más atrás en la historia de la mano de instituciones previas al ICE, no obstante, hay un refuerzo de la adopción de medidas para que el desarrollo energético gire en torno a energías libres de emisiones. El logro del país por optar e implementar el uso de energías renovables, y posteriormente reforzado por los planes del gobierno, ha traído consigo las miradas internacionales sobre la matriz eléctrica costarricense, preguntándose cómo y por qué un país con las limitantes económicas -propias de la región- ha logrado, y se plantea seguir logrando, el uso de energías de casi el cien por ciento provenientes de fuentes renovables.

Hay tres preguntas claves a desarrollar en este espacio: Primero, ¿Cuál es la imagen que se ha pretendido desarrollar desde la matriz? Segundo, ¿Cómo se ha percibido este mensaje en el resto del mundo? Y tercero, ¿Cuáles son las características que han hecho posible el uso intensivo de energías renovables?

Comenzando con el primer cuestionamiento, Costa Rica siempre ha pretendido desarrollar una imagen de compromiso medioambiental en todos los sectores. Leadem y García (2019) mencionan que:

“Costa Rica fue el primer país en unirse a países industrializados en el compromiso de compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) (Landreau, 2006). El país también fue pionero en el desarrollo del Pago por Servicios Ambientales (PSA), vendiendo la reducción de emisiones a través de la captura del carbono del bosque por medio de Certificados de Compensación (CTO por sus siglas en inglés) conforme al Protocolo de Kyoto. En este caso, los efectos de coordinación hicieron que la creación de un mercado global de carbono fuera una regla o norma atractiva de seguir para actores privados y estatales a nivel nacional e internacional.” (Pág. 18 y 19)

Esta condición, mencionan los autores, se refuerza con la intención, años posteriores, de ingresar a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Gracias a esto, “(...) el país ganó reconocimiento internacional por la implementación exitosa de políticas alineadas con la estrategia del cambio climático global basada en la compensación de emisiones y en la actualidad con su compromiso de alcanzar la carbono-neutralidad al 2021”. (Laedem y Sánchez, 2019)

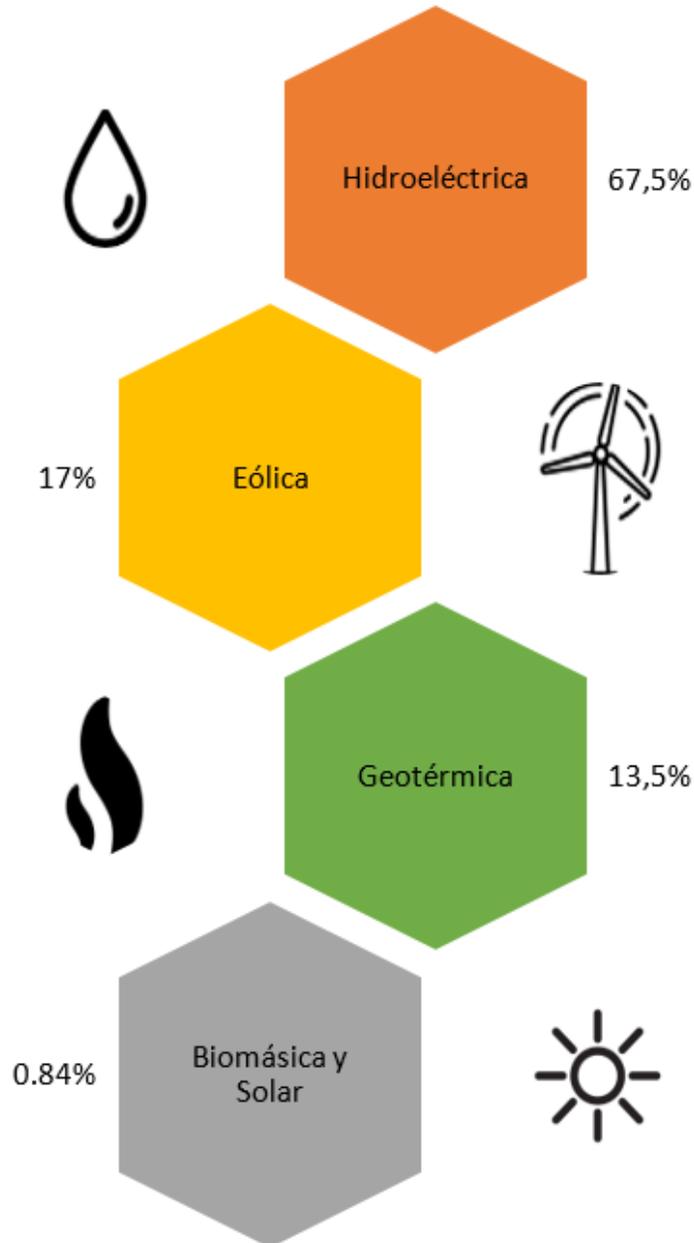
18

Este esfuerzo sigue latente, y la matriz eléctrica ha sido el estandarte principal para exportar las políticas de descarbonización implementadas por Costa Rica al resto del mundo. La Presidencia de la República (2018) en su página web, por medio del artículo “Costa Rica Garantiza Futuro de su Matriz Eléctrica Renovable” menciona que:

“El nuevo Plan de Expansión de la Generación (PEG), documento técnico y especializado, elaborado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y publicado este 2 de noviembre, muestra que la capacidad instalada del parque de generación en operación, aunada a los proyectos que entrarán en los próximos tres años, resulta suficiente para solventar la demanda eléctrica en la siguiente década. (...) Esto garantiza la consolidación de un modelo basado en fuentes renovables.” (Gobierno de Costa Rica, 2018)

El Grupo ICE (2015) menciona que los esfuerzos realizados son el resultado del desarrollo de un modelo de reconocimiento mundial. Si bien los gobiernos han propiciado acciones que perpetúan este modelo, los más notables comenzaron desde los inicios del desarrollo eléctrico. Un factor clave para el logro de una matriz sostenida con fuentes renovables —menciona el grupo ICE— ha sido la diversificación de energías. Desde los años 70, se inicia un proceso de diversificación de energías utilizadas (Grupo ICE, 2020). El esquema N° 1 muestra las energías utilizadas al 2020.

Esquema N° 1: Fuentes de energía renovable utilizadas en la matriz eléctrica de Costa Rica



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE (2020)

Esta diversificación se debe a que la mayoría de las fuentes (en especial la hidroeléctrica, solar, eólica) son estacionales, es decir, dependen de momentos específicos del año para potenciar su capacidad.

Laedem y García (2018) ven esta diversificación como algo positivo, y mencionan que:

“Esta condición (la no dependencia de una fuente de energía en particular) difiere de otras naciones en vías de desarrollo con recursos limitados para invertir en fuentes renovables y mercados de energía pequeños o con alto potencial hidroeléctrico.”

(Pág 9)

Todos estos procesos han culminado en la exportación del esquema de la matriz eléctrica al mundo. El Grupo ICE (2015) expresa que en el 2015 logró 75 días de uso exclusivo de energías renovables para la demanda interna. Este hecho se divulgó de manera intensiva el hecho a lo largo del mundo. En específico, se menciona que:

“El ICE difundió un comunicado de prensa con esta información el martes 17 de marzo, en el que respaldaba los datos semanales y diarios de los niveles de llenado sus principales embalses hidroeléctricos, junto a la composición porcentual de la matriz eléctrica.” (Pág. 25)

Se agrega que:

“La noticia se viralizó en todo el mundo a partir del sábado 21 de marzo, y llegó a reconocidos medios internacionales como Time, BBC, CNN y Fox News, así como por The Independent, The Telegraph y The Guardian (Reino Unido), La Repubblica y Corriere Della Sera (Italia) y El Economista y 20 Minutos (España). (...) Igual difusión tuvo en portales de cobertura científica, como National Geographic Education, Discovery News y I fucking love science (IFLS), así como en cientos de sitios de información ambiental y energética. También ganó la cobertura agencias de noticias como Reuters, AFP y EFE.” (Pág. 25)

De la mano de esto, es posible contestar la segunda pregunta propuesta en esta sección: ¿Cómo se ha percibido este mensaje en el resto del mundo? La respuesta es que, de la mano de noticias como las comentadas anteriormente, la matriz eléctrica costarricense ha sido reconocida como un modelo a seguir. En particular, el Grupo ICE (2015), explica que:

“Los organismos internacionales World Wildlife Fund (WWF) y el Foro Económico Mundial (FEM) colocan al país en los primeros lugares regionales y globales en producción de energías limpias, competitividad y arquitectura energética.” (Pág. 34)

Para el caso de WWF, se resalta el hecho de que un país pequeño, con mucho esfuerzo, ha logrado el uso de energía provenientes en un 100 por ciento de fuentes renovables, dando el ejemplo a países industrializados. Por otro lado, menciona el hecho de que varios indicadores muestran que Costa Rica es el país más limpio de la región. (Grupo ICE, 2015) Por su parte, el FEM coloca a Costa Rica como el segundo país de la región en calidad de servicio de electricidad en Costa Rica, un puesto bastante privilegiado, en especial, debido a las características económicas y sociales de los países contra los cuales compitió.

Al tener clara la imagen que el país proyecta al mundo, se cuestiona la tercera y última pregunta de este apartado: ¿Cuáles son las características que han hecho posible el uso intensivo de energías renovables? Diferentes fuentes mencionan que la ubicación y las características geográficas son parte del éxito de la implementación y el uso de las energías renovables en el país. Branco (2019) en “Costa Rica, el paraíso de las energías renovables” que:

“Como es obvio, la excelente ubicación de Costa Rica en medio del Caribe tiene mucho que ver, ya que ésta les permite aprovechar los recursos líquidos. También emplean energía eólica y geotérmica, lo que supone un 10% de la electricidad. Del mismo modo, acuden a la biomasa y a la energía solar, aunque significan solo un 2% de la producción.”

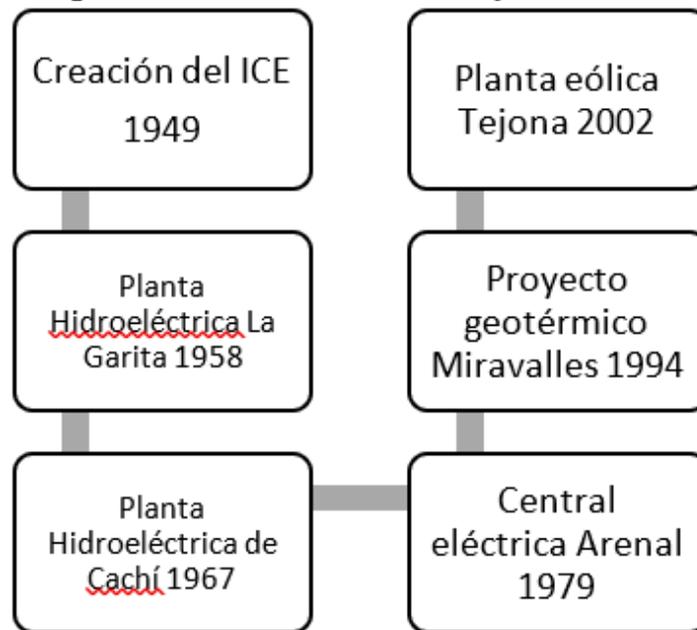
La ubicación y características geográficas, en específico, ha dotado al país con abundante agua -un recurso cuestionado últimamente- y climas favorables, con vientos y sol apto para el desarrollo de dichas energías, además de poseer el ecosistema adecuado para la energía geotérmica.

De todos los recursos a disposición, Costa Rica ha hecho uso intensivo del agua. Laedem y Sánchez (2019), mencionan lo siguiente:

“Considerando que el agua era un recurso abundante en el país, la energía hidroeléctrica se convirtió en una fuente extremadamente importante por dos razones principales: primero, al garantizar el suministro de energía para la demanda doméstica industrial y la expansión eléctrica; y, segundo, para mantener tarifas socialmente orientadas en favor de consumidores residenciales, áreas rurales y algunos sectores industriales (García, 2012).” (Pág. 12)

Este uso intensivo del agua se ha realizado por medio de una serie de proyectos, algunos de ellos -y para muchos autores, los más importantes- se encuentran plasmados en el esquema N° 2.

Esquema N° 2: Principales Desarrollos de Proyectos Hidroeléctricos del ICE



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Grupo ICE (2015)

Esta serie de proyectos constituyen parte de una construcción de una matriz verde que ha logrado independizarse de los procesos energéticos de combustión. Todo de la mano de una institución que, como se ha enfatizado a lo largo de esta investigación, es un monopolio estatal, y a pesar de las fallas que se le identifica, es necesario mencionar las externalidades positivas que esta institución ha generado, como la desarrollada en este apartado.

Se deben enfocar los beneficios que el posicionamiento del país en materia energética ha traído. Entre ellos, un aumento del atractivo hacia el turismo y la inversión extranjera. Por esa razón los esfuerzos por construir una matriz verde han sido eje central de diferentes instituciones.

Dicho esto, es válido comentar que la voluntad política jugó un rol esencial en el desarrollo de la matriz eléctrica, y posiblemente seguirá teniendo un papel importante en futuras tomas de decisiones. Desde garantizar el cien por ciento de uso de energías renovables para el futuro, atenuando problemas que el cambio climático puedan generar, hasta buscar soluciones a problemas actuales inherentes de la matriz, como es el desaprovechamiento de energías de parte del sector privado, algo de lo cual se hablará más adelante en esta investigación.

Bibliografía

- Branco, A. (2019). Costa Rica, el paraíso de las energías renovables. Recuperado de https://www.elespanol.com/omicron/20190829/costa-rica-paraíso-energías-renovables/416708648_0.html
- Grupo ICE. (2015). Costa Rica: Matriz Eléctrica. Un modelo Sostenible, único en el mundo. Extraído de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/8823524c-7cc7-4cef-abde-a1f06e14da0e/matriz_folleto_web2.pdf?MOD=AJPERES&CVID=i8SK4gG
- Grupo ICE. (2020). Somos electricidad renovable y solidaria. Extraído de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a3172c0-b703-4bbf-9d61-b363e822f1c1/Fasciculo_Electricidad_2020_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m.pLj8
- Gobierno de Costa Rica (2018). Plan Nacional de Descarbonización. Recuperado de: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Plan%20Nacional%20de%20Descarbonización%20-%20Español.pdf>
- Laedem y Sánchez (2019). PATH DEPENDENCE (TRAYECTORIAS DEPENDIENTES) EN LA MATRIZ ELÉCTRICA DE COSTA RICA. GEO Uerj.
- Presidencia de la República (2018). Costa Rica Garantiza Futuro de su Matriz Eléctrica Renovable. Recuperado de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2018/11/costa-rica-garantiza-futuro-de-su-matriz-electrica-renovable/>

La monopolización del sistema eléctrico: cambios de paradigma hacia la innovación y el desarrollo económico

Al explorar las distintas posibilidades del la propuesta de negocio relacionada con la cripto minería basada en energías renovables en un país con potencial energético, es necesario cuestionarse en el camino, qué obstáculos sociales, culturales, políticos y económicos existen, con tal de llevar a cabo proyectos que van de la mano con el desarrollo económico del país y con el aprovechamiento de energías residuales, que formaron parte del sustento del país pero que por cambios de estrategia institucional dejaron de ser una necesidad, por lo cual, no sólo se presenta como una oportunidad sino también como una necesidad por cubrir.

Bajo este paradigma, el Grupo ICE juega un rol protagónico en el mercado de la producción, administración y distribución energética en Costa Rica. Así lo establece la Ley 7200 –constituida en 1990 y modificada en 1995– al cederle al ICE la responsabilidad de escoger qué entes pueden producir energía, además de designar al Grupo ICE como el principal comprador de electricidad. Esto lo convierte en un agente con poder de mercado, lo cual implica que tiene la capacidad de incidir en la definición del precio de compra (monopsonio) y venta (monopolio) de electricidad. Este ente, dadas las cualidades que le asigna la Ley, impide la formación de un mercado de competencia por la matriz eléctrica costarricense.

Efectos del monopsonio y monopolio del ICE

El primer efecto directo sobre el mercado se nota en el monopsonio presente, el cual, de acuerdo con las bases de la teoría económica, genera un precio de venta de electricidad inferior al precio de mercado, lo cual tiene un efecto directo sobre cualquier ente interesado en ingresar al mercado de producción de energía. El ICE, al aprovecharse de ser el único comprador de electricidad, adquiere esta a un precio inferior y deja a los vendedores sin otra opción más que reducir sus ganancias. Corrales (2018) sintetiza esto al mencionar que “el monopsonista explota al vendedor del cual adquiere el bien”, situación que se presenta en el mercado costarricense; con el ICE fungiendo como explotador; lo cual reduce los incentivos para que las empresas –que son explotadas– ingresen a este mercado.

La tabla N° 1, presentada a continuación, proporciona información cronológica sobre los niveles de cobertura eléctrica en Costa Rica en términos porcentuales para los años que transcurrieron entre 1970 y 2019.

Tabla N° 1: Índice de cobertura eléctrica en Costa Rica entre 1970 y 2019

INDICE DE COBERTURA ELECTRICA									
Año	%cobertura	Año	%cobertura	Año	%cobertura	Año	%cobertura	Año	%cobertura
1970	47.3%	1980	70.6%	1990	90.0%	2000	97.1%	2010	99.1%
1971	49.3%	1981	72.9%	1991	91.2%	2001	97.3%	2011	99.3%
1972	51.0%	1982	74.3%	1992	92.4%	2002	97.5%	2012	99.3%
1973	54.9%	1983	74.6%	1993	92.5%	2003	97.7%	2013	99.4%
1974	55.9%	1984	81.6%	1994	92.7%	2004	97.9%	2014	99.4%
1975	57.7%	1985	83.5%	1995	92.7%	2005	98.1%	2015	99.4%
1976	59.3%	1986	84.8%	1996	93.0%	2006	98.4%	2016	99.4%
1977	61.7%	1987	86.0%	1997	93.3%	2007	98.6%	2017	99.4%
1978	64.2%	1988	87.2%	1998	94.1%	2008	98.6%	2018	99.4%
1979	67.0%	1989	88.4%	1999	94.4%	2009	99.0%	2019	99.4%

Fuente: Rivas & Solano. 2019. Índice de cobertura eléctrica 2019

A partir de esos hechos, es necesario recalcar que el ICE al escoger cuánta energía compra y produce se encarga de definir la cantidad de energía a distribuirse, lo que permite que el ente estatal tenga un mejor control sobre la explotación energética a nivel nacional (como se refleja en la tabla anterior sobre el aumento gradual de cobertura eléctrica a nivel nacional desde 1970), pero, también reduce las ganancias en potencia que podría tener el país en otros mercados (ya sean nacionales o internacionales) aparte de los cuales en los que ya incursiona el grupo empresarial. Así lo expresa la OCDE (2020), al mencionar que las empresas generadoras de electricidad no compiten por las ganancias del mercado, sino que compiten por ingresar a este, dado que requieren un permiso que otorga el ICE que no se confiere a cualquiera que desee ingresar. Esta barrera es razón suficiente para alejar a las empresas productoras de la nación costarricense.

Existencia de residual energético a partir de energías renovables

Se reconoce un potencial energético aprovechable para explotación de otros mercados, esto a partir de energías renovables, lo cual

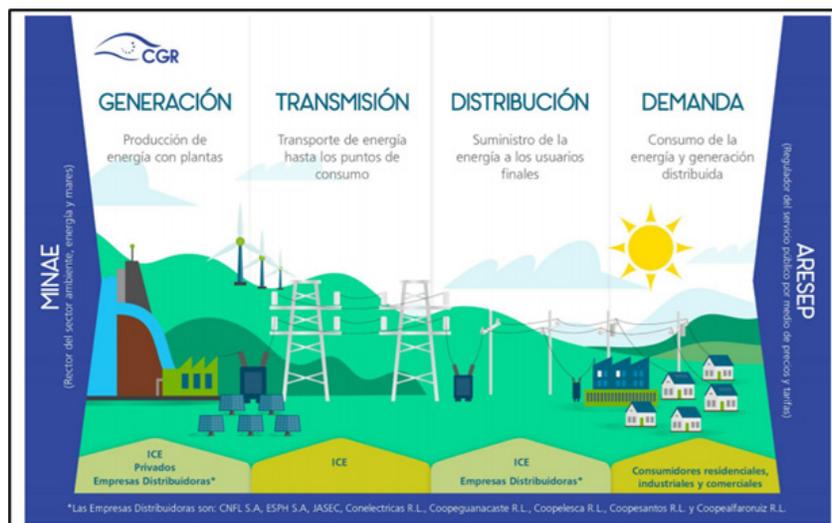
también bajo los estándares internacionales de la OCDE, permiten una sostenibilidad en su aprovechamiento, todo esto dirigido a favor del desarrollo económico del país, y más allá de velar por un sistema eléctrico nacional eficiente, lo cual no es menospreciable pero no representa la perspectiva amplia del sector y sus oportunidades de mano con la visión país.

A su vez, como menciona Garza (2019), dado que la cantidad de energía a producir está limitada por el ente estatal, se genera un desperdicio de posible producción energética –inclusive cuando de fuentes renovables se trata–. Ruiz (2015) enfatiza en que las naciones desarrolladas han procedido a darle mayor libertad y establecer incentivos para que se produzca energía con paneles solares, posición contraria a la que presenta el ICE, a pesar de su estandarte de aumentar el uso de energía limpia. Garza (2019) complementa esta idea, pero con la producción de energía geotérmica, recurso que ha sido subutilizado a nivel nacional.

Aunado a esto, Alvarado (2021) externa también su preocupación al notar que existen empresas privadas de generación energética que proveen un precio más competitivo (bajo) que el del ICE y que no están siendo contratadas, a pesar del claro efecto negativo sobre el consumidor. Como única defensa, la presidenta ejecutiva afirma que ya se habría cubierto la capacidad máxima de electricidad, por lo que no era necesario ampliarla. Además, enfatiza en que todas las decisiones se hacen en busca del mejor funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional (lo cual forma parte de los objetivos de tan sólo uno de los actores del sector eléctrico como se visualiza en la siguiente imagen) y de la mejora de las finanzas del ICE. (Cañas, 2021) No obstante, no hace mención a lo agravante que resulta ser esto para los fines económicos de la nación, dado que perjudica a otras empresas privadas para mantener el control sobre la matriz. En particular, trae un alto nivel de preocupación, puesto que están dispuestos a perjudicar a los consumidores teniendo energía de la misma calidad a menor costo con el fin de mantener el monopolio en generación.

Resulta pertinente, en torno a lo anterior, recordar la estructuración del sistema eléctrico nacional, sus etapas y actores. Esta información se ve plasmada en la Imagen N° 1.

Imagen N° 1: Etapas del funcionamiento de la matriz eléctrica en Costa Rica y sus actores



Fuente: CGR. 2019. Informe de la auditoría operativa coordinada sobre energías renovables en el sector eléctrico. N.O DFOE-AE-IF-00008-2019, Julio.

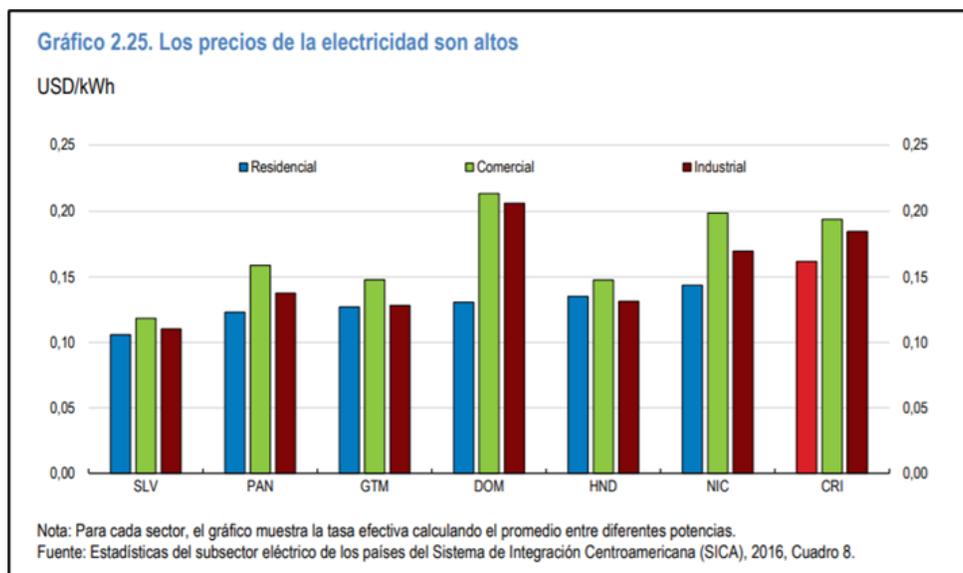
De la imagen anterior se rescata la existencia de cuatro etapas principales dentro de la matriz eléctrica costarricense: la generación, la transmisión, la distribución, y la demanda. A su vez, dentro de los actores destacados en cada fase está el ICE y productores privados en la primera etapa, el ICE como único encargado de la transmisión, el ICE y demás empresas distribuidoras, y las zonas residenciales, comerciales e industriales como focos de la demanda eléctrica.

Asimismo, podría ampliarse la noción de aprovechar la energía sobrante para exportar a las naciones vecinas, esto, de acuerdo con Montenegro (citado por La República, 2019) traería beneficios directos para los consumidores, y podría realizarse, aprovechando los excedentes energéticos. Cañas, por el otro lado, se muestra reacia a proceder con esta propuesta debido a la falta de desarrollo de la matriz eléctrica de los países vecinos. Durán-Castro (2021) comparte la opinión de la presidenta ejecutiva, así como añade que esta práctica de exportación no resultaría como se espera, debido a que en la actualidad, el ICE asume los costos por “servicios de respaldo energético y regulación de frecuencia”, por lo que el precio que muestran las empresas privadas aparenta ser más barato por el hecho

de que no tienen que cubrir ese costo.

El mismo autor afirma que esto —en caso de ser asumido— haría que las empresas posean un precio similar al del ICE actualmente y exportaran una cantidad parecida, por lo que no se percibirían ganancias. Los empresarios privados, como ya se vio con Montenegro (2019), no coinciden con esta postura y mantienen que sí habría ganancias notorias, por lo que el debate en este ámbito continúa hasta el día de hoy. Por el otro lado, dada la cualidad de monopolista que caracteriza al ICE en la distribución, se presentan tarifas mayores a las que se presentarían en un mercado competitivo. Inclusive, la OCDE (2020) destaca que Costa Rica posee tarifas de electricidad superiores al resto de los países de la región, hecho que sustenta la teoría económica y demuestra el efecto directo de un monopolio en la nación (ejemplificado en la siguiente imagen).

Gráfico N° 1: Precios de la electricidad en términos de dólar por kilowatt/hora según el sector de consumo y país de interés



Fuente: OCDE. 2020. Estudios Económicos de la OCDE: Costa Rica 2020: Mejorar el dinamismo empresarial y el bienestar del consumidor mediante una reforma regulatoria.

El gráfico N° 1 evidencia los altos costos de la electricidad en Costa Rica, por sector de consumo, en comparación con el resto de países de Centroamérica. Así, es el único país de la región en el cual los precios de los tres sectores (comercial, industrial y residencial) superan el precio de \$0.15 por kilowatt/hora. A su vez, en términos generales, Nicaragua y República Dominicana en la tarifa comercial, ambos, y en la industrial, el último.

Impacto de la diferencia de precios sobre los proveedores eléctricos

Aún cuando se trate de un monopolio natural (debido a las condiciones del mercado) y aunque sean claros los grandes beneficios que ha traído para la nación el manejo de la matriz eléctrica ejercido por el ICE; como menciona Hernández (2019), el precio de las tarifas se ha vuelto insostenible para muchas empresas, ya sean PYMES o entes de mayor tamaño, en especial para aquellas de última tecnología (debido a los altos niveles de consumo energético que mantienen estas empresas). (OCDE, 2020) Esto complica el desarrollo de la actividad económica y genera un obstáculo en el proceso de reactivación nacional.

Ante esta situación, se han presentado solicitudes al ICE para bajar las tarifas, pero la respuesta de esta institución no ha satisfecho las necesidades de muchos, por lo que se mantiene el problema. (Pomareda, 2020) Los consumidores individuales también se ven afectados por este incremento innecesario en las tarifas eléctricas y no tienen otra solución más que conformarse ante ello, debido a la condición monopolista de la compañía. A esto se le suma la ineficiencia del ICE en el devenir financiero nacional, que de acuerdo a la OCDE (2020), la institución muestra el peor desempeño entre todas las empresas estatales, lo cual pone en duda los argumentos planteados por la misma. Es evidente la necesidad de mejora en el desempeño del ICE para beneficiar a la nación —en el caso de que no se decida abrir el monopolio y ceder la responsabilidad a otras empresas—.

Ante este panorama, el Grupo ICE se defiende enumerando los logros institucionales y su aporte social constante, como es el caso de la cobertura de fibra óptica a nivel nacional —avance reconocido por la OCDE (2020)—, el alto porcentaje de energía limpia que se utiliza,

entre otros. Empero, todo ello no reduce el efecto del monopolio en la sociedad, razón por la cual se han ganado opositores dentro de las diputaciones y los grupos empresariales, algunos por los fundamentos expresados anteriormente y otros por intereses personales. Ejemplo de esto es lo mencionado por Alvarado (2021), director ejecutivo de la Asociación Costarricense de Productores de Energía, quien reprocha con severidad el actuar ineficiente del ICE al desaprovechar la energía producida –a menor costo– por empresas privadas. Echeverría (2021), exviceministro de Planificación, agrega a esta idea que “perder la infraestructura de los generadores privados sería una verdadera lástima y se enviaría al mundo un mensaje negativo y trasnochado” y recalca la necesidad de que el ICE reciba un apoyo de las empresas privadas; es decir, que estas actúen como sus complementos.

Sin importar los motivos, es innegable que el mantenimiento de este monopolio y monopsonio se ha vuelto un obstáculo para el desarrollo del país. Por esto mismo, la OCDE (2020) recomienda directamente, citando a IEA (2001), la eliminación de prácticas monopolísticas para incentivar la innovación, la reducción de precios, eficiencia y beneficios económicos para el país. El mejor ejemplo, destacan, es la apertura que tuvo la nación en el mercado de telecomunicaciones, el cual resultó enriquecedor para la gran mayoría. Esto, aseveran, debería tomarse como punto de partida para continuar con la apertura de este y otros mercados.

Bibliografía

- Alvarado, M. (2021). Foro: Energía barata desperdiciada. La Nación. <https://www.nacion.com/opinion/foros/foro-energia-barata-desperdiciada/2O3V6EDAPBDXTKFK662KZPNV2U/story/>
- Cañas, I. (2019). (Video) ICE cumple 70 años de monopolio con un futuro lleno de desafíos. El Financiero. <https://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/video-ice-cumple-70-anos-de-monopolio-con-un/4c0077cf-e456-4513-87a3-4f4387dbd9b0/video/>
- Cañas, I. (2019). ¿Debe Costa Rica exportar más electricidad? La República. <https://www.larepublica.net/noticia/debe-costa-rica-exportar-mas-electricidad>
- Cañas, I. (2021). Foro: El ICE y la no renovación de contratos a generadores privados. La Nación. <https://www.nacion.com/opinion/foros/foro-el-ice-y-la-no-renovacion-de-contratos-a/3WGJWHUH6NFZHDWVNAUASN4XBU/story/>
- Contraloría General de la República de Costa Rica (CGR) (2019). Informe de la auditoría operativa coordinada sobre energías renovables en el sector eléctrico. N.O DFOE-AE-IF-00008-2019, Julio. https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2019/SIGYD_D_2019012476.pdf
- Corrales, J. (2018). Las consecuencias del cuasi-monopolio eléctrico del ICE. Instituto Libertad. <https://institutolibertad.org/2018/02/20/las-consecuencias-del-cuasi-monopolio-electrico-del-ice/>
- Durán, O. (2021). Mentiras, estafas y el delirio de exportar electricidad privada. Semanario Universidad. <https://semanariouniversidad.com/opinion/mentiras-estafas-y-el-delirio-de-exportar-electricidad-privada/>
- Echeverría, C. (2021). Foro: La generación eléctrica privada es un complemento. La Nación. <https://www.nacion.com/opinion/foros/foro-la-generacion-electrica-privada-es-un/S2HGXGOG6RBQXL7GMEIYPA2EJQ/story/>
- Fumero, G. (2019). ¿Perdió vigencia el ICE? Semanario Universidad. <https://semanariouniversidad.com/bloque1/perdio-vigencia-el-ice/>
- Hernández, S. (2019). Monopolios públicos: los casos del ICE, RECOPE y JAPDEVA. <https://delfino.cr/2019/04/monopolios-publicos-los-casos-del-ice-recope-y-japdeva>
- <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/sala-prensa/sala-de-prensa/comunicados+oficiales/comunicados/c0484557-c2ca-4b18-aa72-d5b4374954f7> (No está habilitado el enlace)
- <https://www.siicecr.org/cms/index.php/noticias/31-apertura-del-monopolio-o-privatizacion-de-la-electricidad-en-costa-rica>
- OCDE (2020). Estudios Económicos de la OCDE: Costa Rica 2020: Mejorar el dinamismo empresarial y el bienestar del consumidor mediante una reforma regulatoria. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c928fcc8-es/index.html?itemId=/content/component/c928fcc8-es>
- OECD (2020). Estudios Económicos de la OCDE: Costa Rica 2020, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/84cbb575-es> <https://www.comex.go.cr/media/8136/ocde-estudio-economico-costa-rica-2020.pdf>
- Pomareda, F. (2020). Cámara de Industrias ve «insuficiente» la rebaja en tarifa eléctrica del ICE para 2021. Semanario Universidad. <https://semanariouniversidad.com/pais/sector-industrial-critico-que-rebajas-en-tarifas-de-electricidad-del-ice-no-son-suficientes/>
- Ramírez, L. (2017). Quitar monopolio eléctrico al ICE cuenta con apoyo de dos precandidatos del PUSC. Amelia Rueda. <https://www.ameliarueda.com/nota/apertura-mercado-electrico-apoyo-de-dos-de-los-tres-precandidatos-ICE>
- Rivas, J. & Solano, F. (2019). Índice de cobertura eléctrica 2019. Instituto Costarricense de Electricidad, Planificación y Desarrollo Eléctrico. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/10261169-f251-465d-9b95-0b17c7baa49e/1%CC%81ndice+de+Cobertura+Ele%CC%81ctrica+2019.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n1u6RVf>
- Valverde, L. (2020). Monopolios públicos: los casos del ICE, RECOPE y JAPDEVA. CrHoy. <https://www.crhoy.com/economia/ocde-senala-mal-desempeno-del-ice-y-recomienda-competencia-electrica/>
- Weinstol, U. (2020). Propuesta para una mejor regulación del sector eléctrico en costa rica. ULEAD, Julio. <http://dspace.ulead.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/123456789/103/%E2%96%BA%E2%96%BA%20RESUMEN%20%E2%97%84%E2%97%84?sequence=7&isAllowed=y>

Documento general: La Energía desde fuentes renovables

Concepto de "Energía"

La energía es un instrumento, un medio a partir del cual se puede realizar un sin número de actividades que forman parte del diario vivir de las personas. Además, este término tiene diversas concepciones y aplicación según el campo académico desde el cual se le emplea. Así lo señala el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) al explicar que se refiere a la "fuerza de acción" o "fuerza de trabajo" que conlleva necesariamente cualquier actividad. Ya sea desde la física donde se le considera como la capacidad de realizar trabajo, u otra área como la tecnología donde es considerada un recurso natural, la energía es aquello que le da vida a diversos procesos.

Clasificación/tipos de energía

Partiendo del principio de que la energía no se construye ni se destruye, sino solamente se puede transformar, necesariamente existe una diversa gama de clasificaciones para la energía, a partir del proceso de transformación al que se le somete. El ICE, en su trabajo "Fuentes renovables de energía. Una alternativa sostenible para generar electricidad", expone lo siguiente:

Energía mecánica: conlleva el movimiento que realiza una estructura y que a partir de ello logra generar trabajo. Más aún, este tipo de energía se puede sub-clasificar en aquella que es hidráulica y la eólica. La primera se refiere a la generación de energía aprovechando la fuerza de movimiento del agua; la segunda hace alusión al viento y su capacidad para mover la estructura de un molino, por ejemplo, y generar energía con ello.

Energía potencial: va de la mano de la variable altitud que posee un objeto. De esta forma entre más altura tiene un cuerpo en particular mayor es la energía potencial que posee este. En este sentido si se ubican tres libros, cada uno en una repisa con mayor altura, el que se ubique hasta arriba posee la mayor energía potencial, siguiendo el de altura media y con la menor energía potencial estaría el libro más cercano al suelo.

Energía cinética: va de la mano con la energía potencial. Esto ya que este tipo de energía es inherente al movimiento que alcanza a tener un objeto. Ahora bien, esta depende directamente de la velocidad y el peso del cuerpo en observación. Regresando al ejemplo de los libros en las repisas, la energía potencial que tienen estos objetos al descansar en las alturas se convierte en energía cinética al comenzar un descenso.

Energía química: esta es la energía que contienen los alimentos y otros productos como los combustibles. Además es generada a partir de la transformación de las sustancias químicas que permiten mover un objeto o que surja otro tipo de energía

Energía eléctrica: es producto de la corriente eléctrica que surge al conectar dos focos de diferente potencial, al emplear un conductor eléctrico. De esta forma se logra obtener trabajo y además se puede transformar esta energía en una mayor gama y diversidad de recursos. Hablamos de luz, los motores de los automóviles, calentadores de agua, entre otros. Es por esto que este tipo de energía resulta fundamental para el diario vivir de las personas, ya que forma parte de una gran parte de los procesos que se desarrollan día con día.

Las fuentes renovables y las energías renovables

Cuando hablamos de fuentes renovables de energía, hacemos alusión a aquellas que van de la mano con la conservación del medio ambiente y los ecosistemas, y el desarrollo sostenible. Por definición se trata de fuentes cuyo agotamiento es muy complicado de alcanzar, o bien se pueden regenerar a través de procesos naturales.

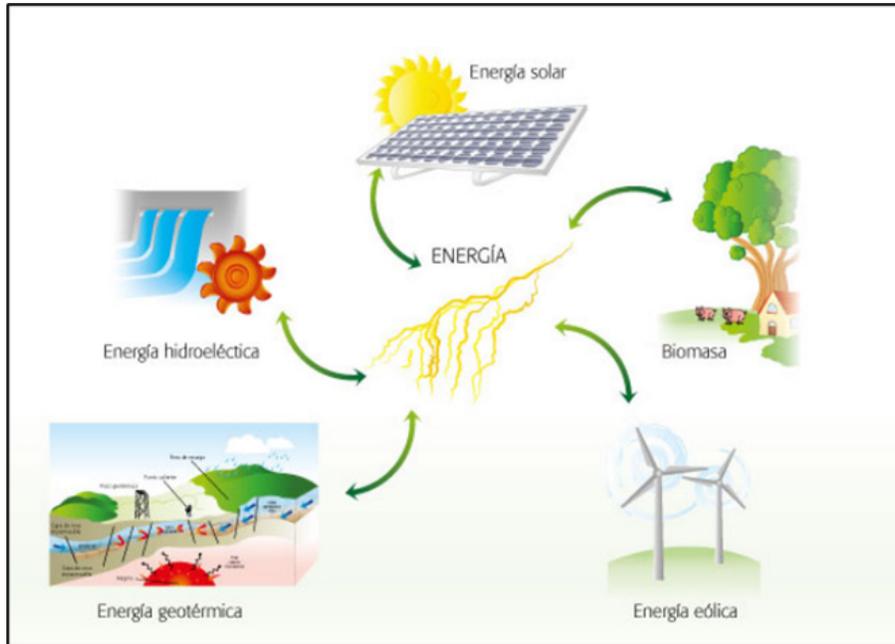
De la mano de este concepto nace el término de las energías renovables. Dicho término está directamente relacionado con la noción de "energías alternativas", las cuales implica la posibilidad de sustituir las energías tradicionalmente utilizadas, aquellas contraproducentes para el bienestar del medio ambiente, con otras energías que se apeguen más a estos objetivos del desarrollo sostenible. De esta forma, las energías renovables son los reemplazos por excelencia de los recursos tradicionales. Algunos de los beneficios de las energías renovables para el crecimiento de los países son:

- Mayor independencia de las energías importadas para poner en funcionamiento sus industrias y economías
- Al depositar sus esfuerzos en energías renovables de carácter local, aumenta la seguridad nacional ante fenómenos externos

- Ampliación y diversificación de la matriz eléctrica del país
- Oportunidades de apertura de la economía y mayores opciones laborales relacionadas con esta industria

El siguiente diagrama, presenta diversas modalidades de “energías alternativas” que posibilitan la generación de corriente eléctrica para abastecer los distintos sectores productivos y de consumo general, sin necesidad de recurrir a metodologías tradicionales que se caracterizan ampliamente por sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud de las personas.

Diagrama N° 1: Modalidades de generación eléctrica basadas en tecnologías eco-amigables



Fuente: Fuentes renovables de energía. Una alternativa sostenible para generar electricidad. Gerencia de Electricidad ICE

De este diagrama se rescatan las principales alternativas para generar energía eléctrica que emplean recursos naturales, y que los procesos resulten saludables para los ecosistemas. Así, se denota la energía hidroeléctrica que utiliza los caudales de los ríos; energía solar: aprovecha el calor y la luz proveniente del sol; biomasa: recurre a desperdicios orgánicos; además, está la energía eólica: por medio de las rafagas del viento produce electricidad y, finalmente, la energía geotérmica. Esta aprovecha las altas temperaturas de los subsuelos para generar corriente eléctrica.

Bibliografía

- Gerencia de Electricidad ICE. (s.f.). Fuentes renovables de energía. Una alternativa sostenible para generar electricidad. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/e027a034-5b68-4beb-8cd4-ad55622d28db/Guia+Renovables.pdf?MOD=AJPERES&CVID=I1DRUYH>

Energías renovables empleadas en Costa Rica

Costa Rica es un país con alta riqueza natural en cuanto a diversidad de flora y fauna. Además, debido a sus propias condiciones geográficas y topográficas es un sitio particularmente beneficiado a la hora de implementar diferentes modalidades de generación de energía eléctrica a partir de fuentes naturales. La Gerencia de Electricidad del ICE señala que se considera energía renovable toda aquella fuente proveniente de la naturaleza que virtualmente es inagotable, pues se puede regenerar a través de procesos naturales. Estas en su mayoría representan modalidades alternativas a los procesos generadores de electricidad que tradicionalmente se han implementado en todo el mundo y que han sido tan perjudiciales para el medio ambiente y los ecosistemas que lo componen. De esta forma, en Costa Rica se aprovechan distintas fuentes renovables, las cuales se exponen a continuación.

Energía hidroeléctrica

Este tipo de energía es el resultado del uso de caudales de ríos y su fuerza para generar corriente eléctrica. Implícitamente, el éxito de este tipo de energía está directamente relacionado con el desempeño de la energía hidráulica. Biomass Users Network (BUN-CA) (2002) explica que esta última es el resultado del aprovechamiento primeramente de la energía potencial del agua debido a la altura de la caída que tiene, y después la energía mecánica que surge luego de la precipitación del líquido y el movimiento de turbinas que esto genera. Esto último es lo que en esencia se emplea para diversas tareas entre ellas la generación de corriente eléctrica. No obstante, considerando que las centrales hidroeléctricas están sujetas a la disponibilidad y capacidad de los cauces de los ríos, esta metodología de generación eléctrica tiene diversos obstáculos para su operación como la fuerza cantidad del agua, factores topográficos que inciden en la altura de la caída que debe transitar el agua, la velocidad que esta alcanza a la hora de circular por la turbina y desde luego las condiciones climáticas que pueden afectar la disponibilidad del agua, entre otros.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con el objetivo de exponer sucintamente las ventajas y desventajas que supone una instalación de esta naturaleza:

Ventajas	Desventajas
El agua empleado es reutilizable, pues no se consume sino se utiliza para generar la energía hidráulica	Las inversiones iniciales del proyecto son considerables
No emana gases contaminantes de ningún tipo	Alta dependencia de factores topográficos e hidrológicos
Costos de operación suelen ser bajos	Altos costos de distribución de la energía generada
Su capacidad de almacenamiento de agua le permite mantener una generación continua de electricidad	Escalabilidad del proyecto limitada a capacidades del cauce en cuestión
Su vida útil es prolongada por lo que suele ser una buena opción en el largo plazo	Estudios técnicos necesarios suelen ser costos
	Repercusiones ambientales en zonas aledañas

Fuente: elaboración propia a partir de los datos aportados por BUN-CA (2002)

Energía eólica

El aire en movimiento —también conocido como viento— es un fenómeno natural muy útil para generar energía eléctrica. Cuco (2008) expone que al aprovechar el aire en circulación y la energía cinética que este puede provocar a partir de la fuerza y velocidad que contiene se obtiene la energía eólica. Más aún, esta modalidad de generación de corriente eléctrica se lleva a cabo en parques eólicos. Se trata de sitios en los que se instalan grandes cantidades de aerogeneradores (molinos de viento con capacidad de generar electricidad). Las aspas de los aerogeneradores reciben el viento a altas velocidades y generan movimiento. La energía mecánica producto de esto último es utilizada por un generador eléctrico que convierte esas rotaciones en energía eléctrica. Sin embargo, esta modalidad incurre en diversas relaciones de dependencia a la hora de entrar en funcionamiento. Dentro de esta se encuentran factores como la localidad geográfica en donde se construye el parque eólico, la altura del terreno, la cercanía con el mar, la cantidad de viento y su velocidad, entre otros.

A continuación se presenta un cuadro resumen con el objetivo de exponer sucintamente las ventajas y desventajas que supone una instalación de esta naturaleza:

Ventajas	Desventajas
Provoca bajo niveles de contaminación ambiental	Su dependencia en las condiciones climáticas hace no conveniente que sea la única fuente de electricidad
El viento es un recurso inagotable y muy abundante	Tiene importantes interferencias con el paisaje natural
La instalación del equipo es expedito y sencillo	El funcionamiento de los aerogeneradores genera contaminación sónica
Actúa como un buen complemento a la generación hidroeléctrica y métodos tradicionales	Hay riesgos asociados a la mortalidad de fauna de la zona
Es compatible con muchas condiciones climáticas y otras actividades productivas	Los costes de mantenimiento son considerables
Otorga independencia de los mercados internacionales	

Fuente: elaboración propia a partir de datos aportados por la Gerencia de Electricidad del ICE

Energía Solar

El calor y la radiación provenientes del sol (como única fuente en esta categoría) pueden ser utilizados como insumo natural renovable para la generación de corriente eléctrica. BUN-CA (2002) aborda el tema rescatando las dos modalidades en las que se puede aprovechar la energía solar. En primera instancia, al implementar colectores térmicos, el calor emanado por el sol puede utilizarse para tareas domésticas como para abastecer calentadores de agua y sistemas de calefacción; por otro lado, al recurrir a sistemas fotovoltaicos, la energía solar puede transformarse en energía eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos funcionan a partir de 5 elementos principales para poder generar electricidad de manera autónoma. De esta forma los paneles fotovoltaicos reciben directamente la luz solar. Las celdas fotovoltaicas transforman este insumo en energía eléctrica. De esta forma, el resultado puede ser almacenado en baterías para abastecer futuras demandas de corriente eléctrica. No obstante, por la naturaleza de su funcionamiento y su dependencia de factores climatológicos, la efectividad y potencia suele ser fluctuante, así como su generación no es necesariamente constante.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con el objetivo de exponer sucintamente las ventajas y desventajas que supone una instalación de esta naturaleza:

Ventajas	Desventajas
Poco susceptible a averías y fallas técnicas durante su vida útil	Costos de instalación inicial no son despreciables
Su vida útil es prolongada a mediano-largo plazo	Dependencia directa de las condiciones climáticas
Costos de mantenimiento y funcionamiento suelen ser bajos	Requiere batería para almacenar la energía por lo que aumentan costos
La escalabilidad del proyecto es muy alta	Sus capacidades de generación son limitadas por lo que no puede abastecer mucha demanda
Permiten descentralizarse de la red nacional, generando independencia	A la hora de escalar el proyecto es necesario actualizar la tecnología del equipo
Diversidad de proveedores por lo que costos iniciales disminuyen	
Conviene en regiones de grandes altitudes y de difícil acceso	

Fuente: elaboración propia con base en datos aportados por BUN-CA (2002)

Energía biomasa

Los residuos orgánicos desde desechos de flora y fauna, restos de la industria agropecuaria, aserraderos y demás forman en su conjunto el insumo necesario para implementar la energía biomasa. Por su diversidad de fuentes, formas y composición, su implementación es versátil y variada. Más aún, BUN-CA (2002) expone que son tres procesos para poder utilizar las materias orgánicas y generar otras

formas de energía. Se trata procesos de combustión directa que extrae energía de la biomasa basado en la generación de calor que produce vapor utilizado en sectores industriales, procesos termo-químicos que consisten en descomponer la materia en compuestos gaseosos, sólidos y líquidos que son aprovechados para generar electricidad y calor, procesos bio-químicos emplean los factores bioquímicos y el metabolismo de microorganismos para producir combustibles gaseosos y líquidos.

A continuación se presenta un cuadro resumen con el objetivo de exponer sucintamente las ventajas y desventajas que supone una instalación de esta naturaleza:

Ventajas	Desventajas
No contribuye al calentamiento global	Tiene bajo potencial energético por unidad de volumen aumenta costos de producción para generar constantemente
Disminución del efecto invernadero, detrimento de acuíferos, lluvia ácida	Hay emanaciones de gases como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno que afectan la salud de la población
La ceniza generada por la Biomasa es útil para tareas del agro	Requiere altos niveles de combustible para poner a trabajar el sistema
Al implementar diferentes formas de desechos, disminuye la acumulación de basura	Dependencia de factores como la humedad, clima y densidad de la materia
Independencia de fluctuaciones de mercados energéticos	
Promoción de economía rural y su desarrollo	

Fuente: elaboración propia con base en datos aportados por BUN-CA (2002)

Energía geotérmica

La geotermia engloba todas las formaciones de calor y energía que se generan en los subsuelos de la tierra, producto de diferentes procesos y actividades geológicas que experimenta el planeta. Por lo tanto, las sociedades pueden aprovechar estas fuentes naturales y renovables para impulsar diversos sectores como el industrial, agropecuario y doméstico, por medio de la energía geotérmica. Ahora bien, este calor que se ha acumulado a lo interno de las capas terrestres durante tantos años puede ser accedido a través de diversos mecanismos y fenómenos naturales. Dentro de estos se encuentran los volcanes, las aguas termales, los geisers, las fumarolas y los volcanes de fango, entre otros.

Como señala la Gerencia de Electricidad del ICE, la energía geotérmica cuenta con una disponibilidad continua en cuanto se puede explotar los 365 días del año, las 24 horas del día. Además, existen tres tipos de campos geotérmicos (variable que depende de la temperatura del agua): la energía geotérmica de alta temperatura (150-400 grados Celsius), la energía geotérmica de temperatura media (70-150 grados Celsius), Campo geotérmico de baja temperatura (20-60 grados Celsius). En la primera modalidad el vapor se genera en la superficie terrestre y es enviada a las turbinas para generar energía, en el segundo método se debe utilizar fluidos volátiles para generar electricidad debido al menor rendimiento del recurso, y la tercera metodología, debido a sus bajas temperaturas relativas, se emplea principalmente para sectores domésticos y agrícolas.

A continuación se presenta un cuadro resumen con el objetivo de exponer sucintamente las ventajas y desventajas que supone una instalación de esta naturaleza:

Ventajas	Desventajas
Disminución de la importación de combustibles tradicionales (fósiles)	Disminución de calidad del agua por temperaturas altas a las que se le somete
Sus residuos y daños ambientales son de bajo alcance	Difícil acceso a fuentes geotérmicas
Costos de mantenimiento son menores	Dado que los yacimientos son pequeños, la generación no es muy abundante
Terreno por megavatio es más barato que las alternativas	Las centrales deben situarse al pie de los yacimientos para no perder su potencial
Independencia de los mercados internacionales	Inevitablemente existe la necesidad de inversiones complementarias para garantizar el funcionamiento constante de la planta
Ahorro económica y energético	
No genera contaminación sónica	
Gran disponibilidad de recursos geotérmicos	

Fuente: elaboración propia con base en datos aportados por la Gerencia de electricidad del ICE, Llopis y Rodrigo (2008)

Bibliografía

- Biomass Users Network. (2002). Manual sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña escala. San José Costa Rica: BUN-CA
- Biomass Users Network. (2002). Manual sobre energía renovable: Solar fotovoltaica. San José Costa Rica: BUN-CA
- Cuco, S. (2017). Manual de energía eólica. Recuperado de: <http://biblioteca.esucomex.cl/RCA/Manual%20de%20energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica.%20Desarrollo%20de%20proyectos%20e%20instalaciones.pdf>
- Gerencia de Electricidad ICE. (s.f.). Fuentes renovables de energía. Una alternativa sostenible para generar electricidad. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/e027a034-5b68-4beb-8cd4-ad55622d28db/Guia+Renovables.pdf?MOD=AJPERES&CVID=11DRUYH>
- Llopis, G., Rodrigo, V. (2008). Guía de energía geotérmica. Madrid, España. Recuperado de: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005842.pdf>
- Oficina para Centroamérica de Biomass Users Network. (2002). Manual sobre energía renovable: Biomasa. San José Costa Rica: BUN-CAg

Modelos tarifarios del servicio de electricidad en Costa Rica

Durante la primera mitad del siglo XX, Costa Rica comenzó un proceso de reestructuración con la intención de implementar un sistema de regulación que involucrara al Estado y sus actividades. De esta forma, y de la mano de la nacionalización de instalaciones productoras de electricidad, se funda el Servicio Nacional de Electricidad (SNE), con la pretensión de lograr cumplir con las exigencias ciudadanas inconformes con la relación calidad/precio de los servicios ofrecidos en el momento. Durante la década de los años 90, el acontecer internacional obligó a que se transformara el SNE pues se requería de un ente cuyo alcance y competencia fuera mayor e integral. Es así como según ARESEP (2021), entre 1991 y 1996 se aprueba la Ley 7593 que permitió transformar el Servicio Nacional de Electricidad en la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica (ARESEP).

Como señala la ARESEP en su sitio web, su objetivo principal implica un ejercicio de fiscalización de los servicios públicos ofrecidos en el país, así como de su calidad, disponibilidad, acceso, costos, equidad, entre otros. En este sentido, uno de los servicios públicos que están bajo la tutela de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica es la electricidad. Más aún, a este ente le corresponde la determinación de las tarifas a utilizar dentro del mercado de electricidad.

Es necesario señalar que existen diversas tarifas dentro de la gama de oferta y que sus precios varían a partir de elementos como las estructuras de cobro, el sector o consumidor atendido en las capacidades productivas de los oferentes. Con datos de la ARESEP (2021) se puede recopilar una lista de tarifas empleadas en el mercado local, precios y características de las mismas. En un documento elaborado por la misma Autoridad Reguladora de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad se detallan los diferentes sistemas de distribución con las respectivas tarifas, sus disposiciones generales, costos, entre otros. Para poder diferenciar estos sistemas convenientemente se pueden separar en 2 grupos como se presenta a continuación:

El primer grupo rige los precios para los clientes de energía que solo consumen y no generan ninguna energía de vuelta, ya sea para residencia, comercio y servicios, industria, con fines sociales, y para diferentes tensiones. A continuación se detallan los tipos de tarifa dependiendo del uso que le de el consumidor, al igual que las principales características por las cuales se determinan los precios. Adicionalmente, estas tarifas también varían dependiendo del horario en el que se efectúe el uso de electricidad:

- Período punta: Se define como período punta al comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas. La demanda a facturar será la máxima potencia registrada durante el mes, exceptuando la registrada los sábados y domingos.
- Período valle: Se define como período valle comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas. La demanda a facturar será la máxima potencia registrada durante el mes.
- Período nocturno: Se define como período nocturno comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente. La demanda a facturar será la máxima potencia registrada durante el mes.

Los tipos de tarifas para este grupo se presentan a continuación, incluyendo su sector de aplicación y características relacionadas al precio:

Tabla N° 1: Tipos de tarifas eléctricas

Tipo de tarifa	Aplicación	Características del precio
Tarifa residencial (T-RE)	Para el suministro de energía y potencia a casas y apartamentos de habitación unifamiliar, que sirven exclusivamente de alojamiento permanente, incluyendo el suministro a áreas comunes de condominios residenciales. No incluye el suministro a áreas comunes de condominios de uso múltiple (residencial-comercial-industrial)	Existen dos grupos, dependiendo de la demanda: <10 KW Este grupo se divide por bloques de consumo: Existen 5 bloques de consumo, y cada uno con una tarifa específica. >10 KW Este grupo posee una tarifa única. Además de una tarifa extra por consumo de demanda.
Tarifa residencial horaria (T-RH)	Mismo público que la tarifa T-RE.	Esta tarifa identifica tres periodos de tiempo: Punta, Valle y Noche. El periodo punta es el más caro, orientado a horas donde la demanda de energía es mayor. Luego sigue el periodo valle, y el horario más económico es el periodo nocturno.
Tarifa residencial modalidad prepago (T-RP)	Para el suministro de energía y potencia a casas y apartamentos de habitación unifamiliar, que sirven exclusivamente de alojamiento permanente, incluyendo el suministro a áreas comunes de condominios residenciales. No incluye el suministro a áreas comunes de condominios de uso múltiple (residencia, comercial, industrial), áreas de recreo, moteles, hoteles, cabinas o casas de recreo, hospitales, hospicios, servicios combinados (actividades combinadas: residencia, comercial e industrial) edificios de apartamentos servidos por un solo medidor, ni establecimientos relacionados con actividades lucrativas.	Esta tarifa es de carácter mensual e incluye dos partes: Un cargo fijo y una tarifa fija por kWh consumido.
Tarifa Comercio y Servicios (T-CO)	Para el suministro de energía y potencia a servicios eléctricos servidos a media o baja tensión clasificados en el sector comercio o sector servicios, según la clasificación de actividades económicas (código CIU) utilizada por el Banco Central de Costa Rica (BCCR)	Tarifa varía entre dos sectores: <3000 KWh >3000 KWh
Tarifa de Industria (T-IN)	Para el suministro de energía y potencia a servicios eléctricos servidos a media o baja tensión clasificados en el sector industrial según la clasificación de actividades económicas (código CIU) utilizada por el Banco Central de Costa Rica (BCCR)	Tarifa varía entre dos sectores: <3000 KWh >3000 KWh

<p>Tarifa preferencial de carácter social (T-CS)</p>	<p>Para el suministro de energía y potencia en baja y media tensión a abonados que ejerzan alguna de las siguientes actividades:</p> <p>Bombeo de Agua Potable, Educación, Religión, Protección a la niñez y a la vejez, Atención de indigentes y drogadictos, Instituciones de asistencia y socorro, Salud y Personas con soporte ventilatorio domiciliario por discapacidad respiratoria transitoria o permanente.</p>	<p>Tarifa varía entre dos sectores:</p> <p><3000 KWh</p> <p>>3000 KWh</p>
<p>La tarifa Media Tensión (T-MT)</p>	<p>Tarifa opcional para el suministro de energía y potencia, para abonados servidos en media tensión y cualquier uso de la energía, bajo contrato con una vigencia mínima de un año calendario, prorrogable por períodos anuales, debiendo comprometerse el abonado a consumir como mínimo 120 000 kWh por año calendario.</p>	<p>Precios mediante bandas, divididos de la siguiente manera:</p> <p>Periodo punta (máxima)</p> <p>Periodo punta (mínimo)</p> <p>Periodo valle (máxima)</p> <p>Periodo valle (mínimo)</p> <p>Periodo nocturno (máxima)</p> <p>Periodo nocturno (mínimo)</p> <p>Además, existen cargos por potencia bajo el mismo criterio de bandas.</p>
<p>La tarifa Media Tensión (T-MTb)</p>	<p>Tarifa opcional para clientes servidos en media tensión (1 000 a 34 500 voltios), con una vigencia de 21 meses contados a partir de abril de 2019 hasta diciembre de 2020. como mínimo 1 000 000 KWh/mes de energía y 2 000 kW/mes de potencia, al menos 10 de los últimos 12 meses del año calendario.</p>	<p>Precios mediante bandas, divididos de la siguiente manera:</p> <p>Periodo punta (máxima)</p> <p>Periodo punta (mínimo)</p> <p>Periodo valle (máxima)</p> <p>Periodo valle (mínimo)</p> <p>Periodo nocturno (máxima)</p> <p>Periodo nocturno (mínimo)</p> <p>Además, existen cargos por potencia bajo el mismo criterio de bandas.</p>

Fuente: N°332 Gaceta N°295, Instituto Costarricense de Electricidad (2021)

El segundo grupo brinda las tarifas para los clientes que además de consumir energía, generan por cuenta propia electricidad. Al existir una entrada y una salida se debe generar una cantidad restante para cobrar al consumidor, la cual el Instituto Costarricense de Electricidad establece como: La demanda de potencia a facturar a las empresas distribuidoras con generación propia, será la diferencia algebraica, entre la suma de las potencias demandadas por la empresa distribuidora en los puntos que en sus redes retiran la energía de la red de transmisión del ICE y la suma de las potencias suplidas a la red del ICE, por los generadores propiedad de la empresa distribuidora, registradas en idénticos períodos de integración. Los abonados que operan en paralelo con la red del ICE, con generadores síncronos de su propiedad ubicados en sus instalaciones, con el propósito de alimentar cargas propias en el mismo sitio, deben disponer en el punto de interconexión del cliente con el ICE, de las protecciones correspondientes que aseguren tanto la no afectación de la

gestión de la empresa eléctrica, como la integridad del equipo y bienes del cliente de conformidad con la establecido en los Capítulos VI, VII y VIII de la norma técnica regulatoria AR-NT-POASEN "Planeación, operación y acceso al Sistema Eléctrico Nacional".

Similar al primer grupo, este grupo cuenta con variaciones en las tarifas dependiendo de la hora en la que se ejecuta el consumo:

- Período punta: Se define como período punta al comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas.
- Período valle: Se define como período valle al comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas, es decir.
- Período nocturno: Se define como período nocturno comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente, es decir.

Los tipos de tarifas para este grupo se presentan a continuación, incluyendo su sector de aplicación y características relacionadas al precio:

Tabla N° 2: Tipos de tarifas eléctricas para productores

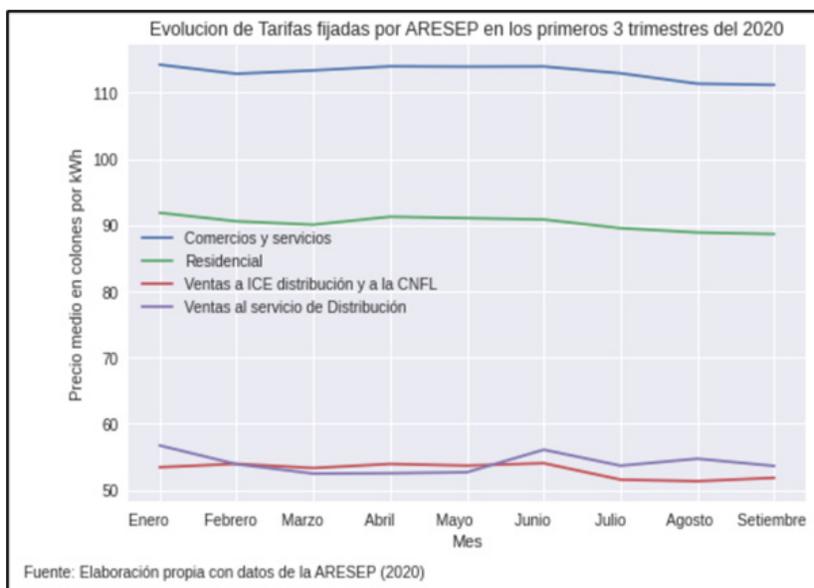
Tipo de tarifa	Aplicación	Características del precio
Ventas a ICE distribución y CNFL, S.A. (T-CB)	Para el suministro de energía y potencia en media tensión a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A y al servicio de distribución del ICE. En barras de media tensión de subestaciones de transmisión del ICE.	Precios mediante bandas y no hay division de minimos y maximos, divididos de la siguiente manera: Periodo punta Periodo valle Periodo nocturno Además, existen cargos por potencia bajo el mismo criterio de bandas.
Ventas a empresas de distribución (T-SD)	Para el suministro de energía y potencia en media tensión a la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago, Empresa de Servicios Públicos de Heredia y Cooperativas de Electrificación Rural. Un sistema integral compuesto por los sistemas de medición, a media tensión, monofásico o trifásico (tres o cuatro hilos) En barras de media tensión de subestaciones de transmisión del ICE.	Precios mediante bandas y no hay division de minimos y maximos, divididos de la siguiente manera: Periodo punta Periodo valle Periodo nocturno Además, existen cargos por potencia bajo el mismo criterio de bandas.
Abonados directos del servicio de Generación del ICE. (T-UD)	Para el suministro de energía y potencia en alta tensión a clientes directos del servicio de generación del ICE. Un sistema de medición, a alta tensión, trifásico (tres o cuatro hilos) En las barras de alta tensión de subestaciones de transmisión del ICE.	Precios mediante bandas y no hay division de minimos y maximos, divididos de la siguiente manera: Periodo punta Periodo valle Periodo nocturno Además, existen cargos por potencia bajo el mismo criterio de bandas.

Tarifa de transmisión de electricidad (T-TE)	Para el transporte de electricidad al sistema de distribución del ICE, empresas distribuidoras y clientes directos del servicio de generación del ICE que retiren energía del sistema de transmisión.	Los costos incluyen: Carga variable por cada kWh que retiren del servicio de transmisión del ICE. Carga fijo en millones de colones que varía para cada empresa de energía.
Tarifa de transmisión de electricidad (T-TEb)	Para el transporte de electricidad para los clientes directos del servicio de generación del ICE. Esta tarifa también podrá ser aplicada para los otros usuarios del Sistema de Generación, si así lo convienen las partes, por periodos de al menos un año.	Los costos incluyen: Carga variable por cada kWh que retiren del servicio de transmisión del ICE. Carga fijo en millones de colones que varía para cada empresa de energía.

Fuente: N°332 Gaceta N°295, Instituto Costarricense de Electricidad (2021)

Los precios de ambos grupos son variados para cada tarifa y como se demostró en los cuadros anteriores, dependen de muchas variables como hora de uso, máximo o mínimo, tipo de banda, entre otros. Con datos de la ARESEP se recopila la información de precios medios para 4 principales sectores, Del grupo 1: Residencial (normal) y Comercio y Servicios. Del grupo 2: Ventas al ICE de distribución y CNFL y Ventas de servicio de distribución. Se muestra la evolución más reciente de precios medios para estos servicios, como promedio de todas las empresas que ofrecen servicios de electricidad y para los meses de Enero a Septiembre del año 2020.

Gráfico N° 1: Evolución de Tarifas fijadas por ARESEP en los primeros 3 trimestres del 2020



Fuente: elaboración propia con datos de la ARESEP 2020

Estos precios contemplan el ajuste extraordinario a las tarifas del servicio de electricidad producto de variaciones en el costo de los combustibles, el costo variable de generación (CVG). Como se puede observar las tarifas son significativamente más elevadas para el sector de Comercios y servicios, con un promedio de 113.07 anual en colones por kWh y una tarifa mínima en el mes de Septiembre con 111.7 colones y una máxima en enero de 114.22. La siguiente categoría con tarifas más elevadas son las residenciales, con un promedio de 90.28 colones, con una tarifa máxima en enero de 91.85 y un mínimo en Septiembre de 88.63. Es esperado que las tarifas de distribución sean más accesibles dado que lo que se cobra es el excedente utilizado, que es una cantidad relativamente menor a la facturada a los clientes que solo consumen y no generan.

Como se observa en el gráfico de precios medios, las tarifas de estas dos varían y no hay una estrictamente mayor a la otra. Para las “Ventas a ICE distribución y a la CNFL” se obtiene un promedio de 52.97 y un mínimo en el mes de Agosto de 51.3 y máximo en el mes de enero de 53.4. Finalmente, para las “Ventas al servicio de Distribución” se obtiene un precio medio promedio de 54.01 para el 2020, un máximo de Enero de 56.7 y un mínimo en Mayo de 52.62, sin embargo los siguientes meses cuentan con tarifas más cercanas al mínimo que al máximo de precios medios. Se visualiza como los precios medios en colones por kWh son mayores en enero, siendo el máximo de las 4 categorías, y tendiendo a ir disminuyendo paulatinamente conforme avanza el año.

Todos los precios mencionados con anterioridad no incluyen cargos tarifarios añadidos, como el tributo a bomberos, el alumbrado público, entre otros. Por esa razón, es importante indagar cuáles son estos costos adicionales que existen sobre el servicio eléctrico, los cuales podrían encarecer el precio final al consumidor. Dichos costos se presentan a continuación.

Costos Adicionales sobre el servicio eléctrico

El servicio eléctrico a nivel nacional conlleva una serie de esfuerzos económicos por parte de las empresas distribuidoras y la población abonada, que son necesarios para llevar a cabo este servicio. No obstante, estos rubros se agrupan según su tarifa sea de carácter universal o si este factor depende directamente de la empresa de distribuidora específicamente.

Con relación a la primera categoría, se destacan los siguientes tributos y costos:

- **Tributo a Bomberos:** Este rubro, como comenta la CNFL (2021), impositivo surge de la Ley 8992 con el propósito de crear un ingreso económico extra para el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica que le permite continuar ofreciendo sus servicios de asistencia en todo el país. Este tributo corresponde a un 1.75% de la facturación mensual que consume cada abonado por concepto de energía eléctrica. El impuesto aplica a partir del primer kilowatt/hora y hasta un máximo de 1750 KWh, dejando exento a aquellos consumos mensuales que no superen los 100 KWh.
- **Costo Variable del Combustible (CVC):** Como señala COOPEGUANACASTE (2021) en su página web, este cobro funciona como un ajuste especial que permite prever los costos de la generación térmica de electricidad por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), durante épocas en las que las fuentes renovables de energía no dan abasto. Este costo variable, por lo tanto, pretende regular los costos en los que incurrir las distribuidoras eléctricas que necesitan comprarle este recurso al ICE durante esas épocas.
- **Costo Variable de Generación (CVG):** Según la CNFL (2021), entra a regir desde el primero de enero de 2020, como un costo sustitutivo del Costo Variable de Combustible (CVC). Se trata de un tributo impulsado desde la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) que engloba los sistemas tarifarios de generación, distribución y alumbrado público. Su estimación se hace sobre una base trimestral y toma en cuenta tres factores: el gasto de combustibles para la generación con fuentes térmicas, un monto por la comercialización de la energía neta en el Mercado Eléctrico Regional (MER) y el reconocimiento por liquidación de periodos anteriores.
- **Costo del Impuesto al Valor Agregado (IVA):** Adicionalmente la CNFL (2021) explica que este tributo implica una carga monetaria adicional de un 13% en la factura mensual de consumo eléctrico sobre rubros como la energía, demandada, CVG, costo variable por demanda (CVD), servicio provisional, bajo factor de potencia y pérdida por transformación. Los rubros anteriores sujetos al IVA varían dependiendo directamente de la tarifa que aplica a cada caso particular. Además, todo nivel de consumo que sea inferior a 280 kilowatt/hora mensuales queda eximido del pago de este tributo.

Por otro lado, existen costos como el de alumbrado público y la tarifa de acceso, que varían según la empresa distribuidora y su esquema de precios particular, por lo que vale la pena revisarlos individualmente.

Sobre el costo de Alumbrado público se observa que:

- En el caso de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A, la institución en su trabajo “Tarifas eléctricas” indica que se trata de un cobro adicional representa un monto por tres colones con veinte y un centavos, ₡3.21, por cada kilowatt/hora consumido que se le agrega a la factura de cada abonado cuyo inmueble se ubique dentro de áreas cuyo alumbrado público está bajo la tutela de alguna municipalidad en particular
- COOPEGUANACASTE por su parte, comenta en su página web que emplea un costo agregado a la factura mensual de todos los consumidores directos de esta cooperativa. Este tributo tiene como motivo el goce por parte de los abastecidos del servicio de alumbrado público en la región. La tarifa de Alumbrado público funciona de manera escalonada de forma que se aplica un cargo fijo por noventa colones con treinta centavos ₡90.30 para un rango de consumo de 0-30 kilowatt/hora, ₡3.01 por cada KWh para un rango de 31 a 50000 kilowatt/hora consumidos, y otro cargo fijo de ₡150500.00 cuando el consumo supera los 50 mil KWh.
- COOPELESCA: en la ficha técnica titulada “Tarifas eléctricas” explica que se trata de un sistema tarifario estratificado que se le cobra a los abonados por el servicio eléctrico ofrecido por esta cooperativa, con motivo del alumbrado público al que se tiene acceso en su área de concesión. De esta forma hasta un tope mínimo de 30 Kwh, se adiciona a la factura mensual un monto de ₡114.60, entre esa cantidad y un tope máximo de 50 mil kilowatt/h, la tarifa es de ₡3.82 por cada KWh. Finalmente, todo consumo que sobrepase ese límite superior paga una tarifa fija de ₡191.000

- El sitio web de COOPESANTOS en la sección de preguntas frecuentes explica que este monto adicional es de pago obligatorio para todos los clientes y usuarios del servicio eléctrico que ofrece esta cooperativa. Conlleva una tarifa que corresponde al disfrute de la iluminación en las zonas de acceso público. Esta tarifa depende directamente del nivel final de consumo y el valor de la factura mensual. Por otro lado, es importante señalar que bajo este rubro calza aquellas solicitudes de alumbrado que solicite algún usuario, que no forme parte de la agenda institucional, que deberá ser costeado en su totalidad por el cliente
- En el caso de la ESPH, el documento “Tarifas de Energía Eléctrica vigentes a enero del 2021” señala que se trata de una tarifa que tiene como objetivo cubrir los costos de alumbrado e iluminación de zonas públicas como calles y parques recreativos, que no son cubiertos por alguna entidad en específico y que es fundamental para el diario vivir de la ciudadanía. En el caso de la ESPH, este costo adicional funciona de manera escalonada: ₡98.10 para un consumo entre 0 y 30 kilowatt/hora, ₡3.27 para consumos entre 31 y 50000 kilowatt/hora y ₡163500 para consumos mayores a 50000 kilowatt/hora

Sobre la tarifa de acceso se observa que:

- Sobre la ESPH, se habla en el documento “Tarifas de Energía Eléctrica vigentes a enero del 2021” de un “peaje” que debe abonar cada usuario de la energía eléctrica abastecida por la Empresa de servicios públicos de Heredia, por motivo de tener acceso a este recurso. Dentro del marco de esta institución, por cada kilowatt/ hora (KWh) consumido se debe pagar un monto por ₡14.86
- En el caso de COOPEGUANACASTE su sitio web indica en la sección de “Tarifas ARESEP” que es un monto predeterminado por la ARESEP que funciona como un umbral de entrada a la red de servicio eléctrico ofrecido por esta cooperativa. En este sentido, se trata de un monto de ₡22.92 por cada kilowatt/hora consumido
- CNFL menciona en su sitio web, sección titulada “Tarifa Acceso (T-A)” que este cobro se enfoca en los abonados inscritos en el programa de Generación Distribuida para Autoconsumo. De esta forma el monto corresponde a ₡26.60 por cada kilowatt/hora (KWh) consumido
- Meléndez, D (2016) señala que en el caso específico de COOPESANTOS, se estableció una tarifa de acceso para el 2016 correspondiente a un monto de ₡29.74 kilowatt/hora (KWh) que consume cada abastecido
- COOPELESCA, por su parte, maneja una tarifa similar. Meléndez, D (2016) expone que en el caso de esta empresa distribuidora en particular, la tarifa de acceso es de ₡27.30 kilowatt/hora (KWh) que consume cada abastecido, para el año 2016

Los costos añadidos recién abordados presentan dos caras opuestas de una misma moneda. Esto ya que según la perspectiva empleada, pueden representar un inconveniente económico por un lado y un beneficio y contribución social por otro lado. Con respecto a lo primero, el conjunto de rubros que suponen un mayor desembolso (adicional a las cuotas correspondientes al suministro como tal) por parte de la población que consume este servicio desencadena una reducción del poder adquisitivo y posibilidad de compra, lo que afecta directamente el ciclo del dinero.

Sin obviar lo anterior, estos costos añadidos incluyen contribuciones dirigidas hacia el bien colectivo. Categorías como el tributo a bomberos y el impuesto al valor agregado, si bien se pueden percibir como una limitación adicional para la capacidad de compra de los ciudadanos, ulteriormente posibilitan realizar diversas inversiones y proyectos que pretenden resguardar la sociedad como un todo, desde diferentes campos temáticos como la atención de emergencia, desarrollo de infraestructura pública y similares.

Ahora bien, tomando en cuenta los impuestos y cargas que se deben asumir se puede contemplar realmente el costo al que incurren en promedio los costarricenses que desean adquirir el servicio de electricidad, al incluir los impuestos correspondientes a las categorías con los precios medios y utilizando un promedio de los costos medios registrados por la ARESEP de los meses de enero a septiembre del 2020 se genera la siguiente tabla de precios con costos adicionales:

Cuadro N° 1: Costos adicionales para los principales sectores que consumen electricidad

Categoría	Costos adicionales por KWh	Precio por KWh final
Comercios y servicios	₡44.54	₡157.62
Residencial	₡41.13	₡131.41
Ventas a ICE distribución y a la CNFL	₡35.54	₡88.52
Ventas al servicio de Distribución	₡35.70	₡89.71

Fuente: Elaboración propia con datos de la ARESEP (2020)

Para esta tarifa se calcula sumando al promedio de las tarifas de los meses de enero a septiembre del 2020 proporcionados por la ARESEP, el impuesto al valor agregado, tributo a bomberos, costo de alumbrado público y tarifa de acceso. Es importante mencionar

que algunas compañías de electricidad tienen diferentes tarifas para cargas adicionales, como por ejemplo el cargo por sistema de alumbrado público, se procede a hacer un promedio de las tarifas que tienen las principales empresas eléctricas del país (CNFL, ESPH, COOPESANTOS, COOPELESCA y COOPEGUANACASTE) y con las tarifas para 31 a 50000 kilowatt/hora consumidos. Se hace un promedio análogo para los costos de acceso con las mismas principales 5 empresas de electricidad que existen en Costa Rica. Analizando costos con impuestos, se logra contemplar un costo más acertado a lo que pagan en promedio los costarricenses, estas cargas adicionales representan un aumento elevado con respecto al costo calculado inicialmente, ya que para Comercios y Servicios implica un aumento del 28.3% con respecto al costo sin cargas adicionales. Para residencias implica un incremento del 31.3%, estos dos cuentan con incrementos porcentuales menores ya que al tener cargas más elevadas que las siguientes dos categorías, el impacto porcentual del impuesto es menor. Para la categoría de Ventas a ICE distribución y a la CNFL se evidencia un incremento porcentual del 40.1% y para Ventas al servicio de Distribución un aumento del 39.7%. Un elemento final que explica la diferencia porcentual es que entre categorías la mayoría de cargos son por unidad consumida y no por tarifa final, por lo que tarifas sin impuestos que son más baratas tendrán que asumir costos relativamente más elevados a lo que pagarían sin impuestos.

El servicio de energía eléctrica se ha convertido en un elemento fundamental dentro del funcionamiento cotidiano de las sociedades actuales. Desde el campo industrial y de servicios, pasando por sectores comerciales y turísticos hasta llegar al entorno doméstico, la corriente eléctrica representa un recurso inherente al desarrollo de todas estas tareas. Así lo señala Vásquez (s.f.) cuando asegura que el sector eléctrico de un país es un factor clave para el funcionamiento de un país y que por lo tanto este debe de ser lo más eficiente posible para obtener los máximos resultados posibles.

Es importante recordar que la economía de un país trabaja de forma cíclica, comprendiendo que los diferentes actores que participan del proceso tiene cierto grado de interdependencia. Es decir, la empresa o comercio que adquiere la electricidad de las empresas distribuidoras, le pagan a esta para poder proveer un servicio o producto al consumidor final. Este paga con ingresos laborales de forma que existe un flujo constante del dinero dentro de la economía. Este “efecto en cadena” lo explica claramente García (2012) al explicar que un “shock” en el precio de la electricidad supone una alteración en los costos de producción que enfrenta el sector comercial, lo que obliga a estos actores a diversificar el peso del efecto y por lo tanto modificar los precios finales de sus productos y servicios obligando al consumidor a desembolsar más dinero y por lo tanto desalentar el consumo en general.

De lo anterior, se deriva que directa e indirectamente los precios de la electricidad afectan la capacidad económica de una sociedad y que, en consecuencia, los agentes envueltos en los procesos deben estar sujetos a esta variable y sus subcomponentes. “Conocer las condiciones bajo las cuales se determina el precio de ese servicio reviste especial importancia por su impacto en los sectores productivos y en las familias” (Loría y Martínez, 2017, p.3). Además, estos autores resaltan el interés que se debe tener sobre la estructura del mercado eléctrico y su marco regulatorio, pues son elementos clave para establecer los precios del recurso.

Bibliografías:

- ARESEP. (2021). Tarifas de electricidad del sistema de distribución. Recuperado de <https://aresep.go.cr/transparencia/datos-abiertos/tarifas-electricidad-sistema-distribucion>
- ARESEP. (2021). Precios medios. Recuperado de <https://aresep.go.cr/transparencia/datos-abiertos/precios-medios>
- CNFL. (2020). Tarifas eléctricas. Recuperado de https://www.cnfl.go.cr/documentos/transparencia/consolidado_tarifas.pdf
- CNFL. (2021). Tarifa de Acceso (T-A). Recuperado de <https://www.cnfl.go.cr/servicios-electricos-para-inmuebles/tarifas-vigentes/tarifa-acceso-t-a>
- COOPEGUANACASTE. (2021). Costo Variable del Combustible. Recuperado de <https://www.coopeguanacaste.com/es/servicios/facturacion-de-energia/costo-variable-combustible>
- COOPEGUANACASTE. (2021). Tarifas ARESEP. Recuperado de <https://www.coopeguanacaste.com/es/servicios/facturacion-de-energia/tarifas-aresep>
- COOPELESCA. (2020). Tarifas Eléctricas. Recuperado de https://www.coopelesca.com/wp-content/uploads/2020/07/2020_10-CVC-Tarifas-El%C3%A9ctricas-Sitio-Web.pdf
- COOPESANTOS. (s.f.). Consultas frecuentes. Recuperado de <https://www.coopesantos.com/consultas-frecuentes/>
- ESPH. (2020). Tarifas de Energía Eléctrica vigentes a enero del 2021. Recuperado de https://www.esph-sa.com/sites/default/files/inline-files/Tarifas%20de%20Energ%C3%ADa%20El%C3%A9ctrica%20vigentes%20a%20enero%20del%202021_0.pdf
- García, C. (2012). El impacto del precio de la energía en la economía. Recuperado de <https://fen.uahurtado.cl/2012/articulos/observatorio-economico/el-impacto-del-precio-de-la-energia-sobre-la-economia/>
- Instituto Costarricense de Electricidad ICE. (2020). INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD ICE Rige para los consumos que se originen a partir del 01 de enero del 2021 y hasta el 31 de marzo 2021. Recuperado de <https://www.ice.go.cr/>

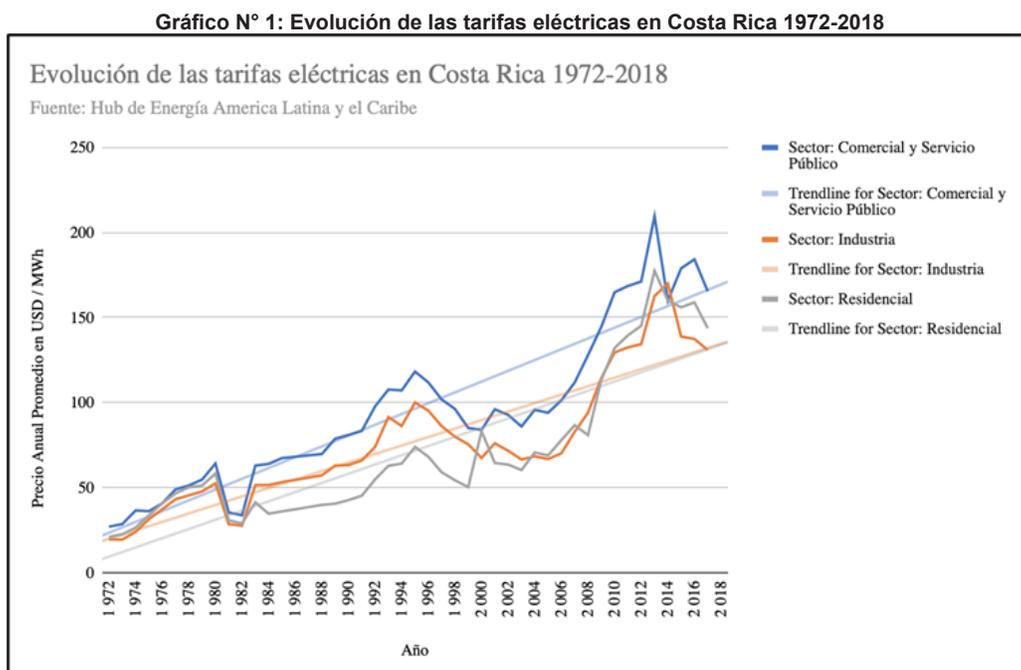
grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES

- Loría, M., Martínez, J. (2017). El sector eléctrico en Costa Rica. Academia de Centroamérica. Recuperado de <https://www.academiaca.or.cr/wp-content/uploads/2017/05/El-sector-ele%CC%81ctrico-en-Costa-Rica.pdf>
- Meléndez, D. (2016). Propuesta de aplicación por primera vez de la metodología para la tarifa de acceso a las redes de distribución por parte del productor-consumidor. Recuperado de http://www.acesolar.org/downloads/Tarifas_de_Acceso.pdf
- Vásquez, R. (s.f.). Energía eléctrica, estratégica para la economía. Recuperado de <https://www.realestatemarket.com.mx/articulos/infraestructura-y-construccion/11285-energia-electrica-estrategica-para-la-economia>

Comparación de precios de la electricidad en Costa Rica

Como ya se comentó en capítulos anteriores, en 1884 la capital de Costa Rica, San José, se convirtió en apenas la tercera ciudad a nivel mundial en adquirir el sistema de cableado que permite el uso de la electricidad, una hazaña que marcó un precedente en el país, lo que al día de hoy, con una oferta inicial de 25 kilowatts (25 000 Watts), el país ha logrado desarrollar este mercado de manera exponencial siguiendo al resto del mundo en la implementación de la electricidad a nivel generalizado. La demanda de 1884 no se compara con la demanda actual; en el 2017 el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) suplió una demanda de 9 806 gigawatts en el país (9 806 000 000 000 Watts). Sin embargo, estos aumentos exponenciales de oferta y demanda del mercado de electricidad han venido acompañados de aumentos constantes en las tarifas de este servicio, en donde la transmisión de electricidad es monopolizada en el país por esta institución.

El siguiente gráfico, con datos del Hub de Energía para América Latina y el Caribe (s.f.), muestra la evolución de las tarifas eléctricas promediadas anualmente para los principales sectores económicos del país: comercial/público, industrial y residencial. Estas tarifas toman en cuenta impuestos y demás costos asociados que pagan los consumidores, vendedores y productores costarricenses.



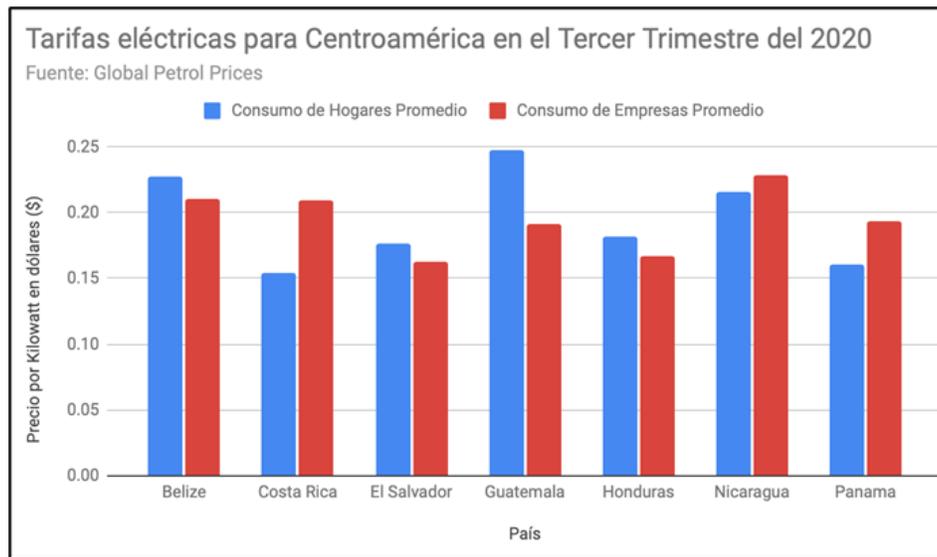
Fuente: Hub de Energía América Latina y el Caribe (s.f.)

Se puede observar que desde 1972 hasta la actualidad el país ha experimentado crecimientos constantes en el precio de la electricidad llegando a un precio máximo en el 2013, cuando la electricidad tenía un costo anual promedio de \$210 para sectores de comercio/públicos, de \$177 para residencias y a un máximo en el 2014 para las industrias, en donde el costo anual promedio era de de \$170. Empero se evidencian periodos en donde estas tarifas han caído significativamente. Estas caídas se deben mayoritariamente a eventos mundiales o tiempos de implementación de políticas públicas implementadas por el Estado o pactadas regionalmente.

Ahora bien, analizando las caídas más abruptas evidenciadas a partir de 1980 se debe a la segunda crisis del petróleo, esto provocó grandes distorsiones económicas alrededor del mundo. Una de las consecuencias principales fue una caída abrupta en los precios del petróleo que como consecuencia, llevaron a una reducción en los costos de producción de electricidad. A grandes rasgos, esta crisis terminó de empujar a Costa Rica y gran parte de la región latinoamericana a la conocida crisis de impago de deuda de la década de 1980. La segunda caída en las tarifas se debe a la adopción de políticas públicas producto del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central y su Protocolo, en donde Costa Rica y toda la región centroamericana llegaron a un consenso con el fin de crear un mercado más competitivo de electricidad con mayor participación del Sector privado. Posteriormente, se sostuvieron propuestas en la asamblea donde se discutió la liberación de este mercado, sin embargo esta propuesta fracasó. Finalmente, en la actualidad se ha experimentado una caída constante en los precios de electricidad en Costa Rica debido a la volatilidad en el precio del petróleo y el alza en el uso de energías renovables que están en constante expansión en el país y en el mundo.

Actualmente, Costa Rica cuenta con un precio promedio por kilowatt de \$0.15 para un hogar promedio y de \$0.21 para una empresa promedio. Utilizando los datos de Global Petrol Prices de tarifas de electricidad del tercer trimestre del 2020, se observa que Costa Rica cuenta con la electricidad, para hogar promedio, más barata de toda la región centroamericana.

Gráfico N° 2: Tarifas eléctricas para Centroamérica en el Tercer Trimestre del 2020



Fuente: Global Petrol Prices (2020)

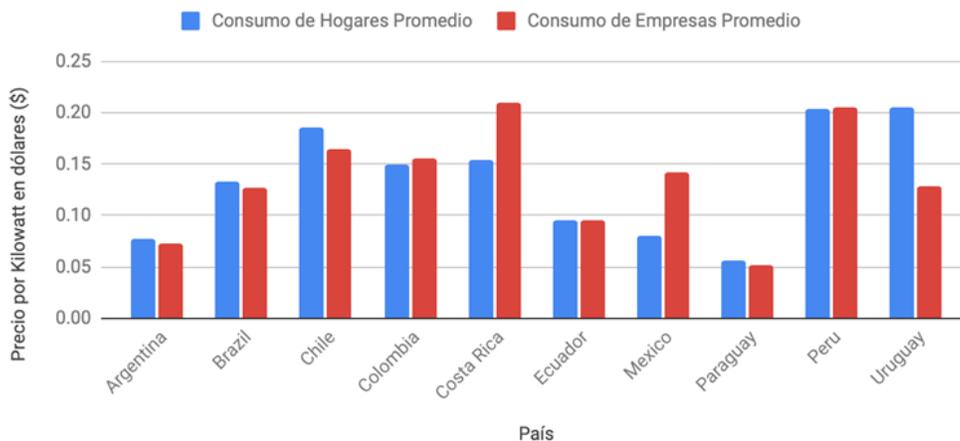
A nivel centroamericano, Guatemala cuenta actualmente con la unidad de electricidad más cara de toda la región para hogares con un precio de \$0.25 por kilowatt. Seguida por Belice en \$0.22 por kilowatt. A nivel empresarial, los datos revelan que la ventaja costarricense es únicamente para los hogares. Con una tarifa para empresas promedio de \$0.21 por kilowatt el país costarricense se ubica como el segundo país en electricidad para empresas promedio más cara de la región, la primera siendo Nicaragua con un precio de \$0.23 por kilowatt en promedio.

Por otro lado, un análisis análogo utilizando de igual manera precios de Global Petrol Prices para el tercer trimestre del 2020 demuestra que cuando Costa Rica se compara con el resto de la región latinoamericana, excluyendo países ya analizados de Centroamérica, la situación no mejora para las empresas costarricenses y todas aquellas que desean emprender en el país.

Gráfico N° 3: Tarifas eléctricas para hogares y empresas en promedio para principales países de Latinoamérica y Costa Rica en el Tercer Trimestre del 2020

Tarifas eléctricas para hogares y empresas en promedio para principales países de Latinoamérica y Costa Rica en el Tercer Trimestre del 2020

Fuente: Global Petrol Prices



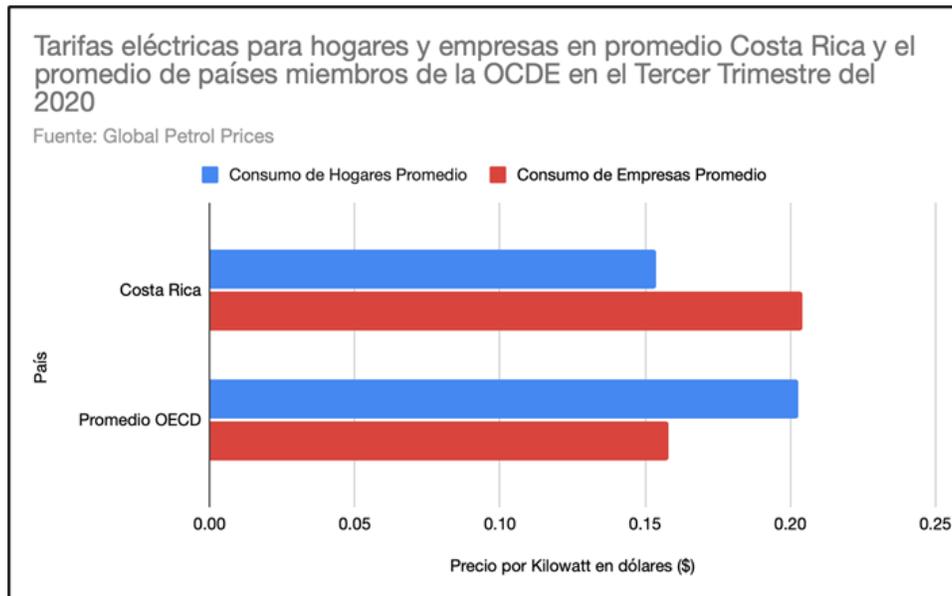
Fuente: Global Petrol Prices (2020)

Costa Rica nuevamente se coloca como el país con el kilowatt más caro en promedio para las empresas que consumen electricidad, seguida por Perú, en donde el kilowatt cuesta aproximadamente un \$0.01 más barato que en la nación centroamericana. La diferencia se vuelve abismal cuando se compara con países como Paraguay, país con el kilowatt más barato de toda Latinoamérica, con un precio promedio muy cercano al \$0.05, seguido por Argentina con un precio promedio de \$0.07. Por lo tanto, se percibe que Costa Rica cuenta con una desventaja de mucho peso para toda aquella empresa local o extranjera que desee entrar al país ya que esta situación no atañe sólo el ámbito regional sino que también el continental.

Para hogares promedios, Costa Rica no es la más barata por lo que pierde esa ventaja comparativa que posee en Centroamérica al ofrecer la tarifa promedio más accesible. Comparando con las naciones suramericanas, es superada nuevamente por países como Paraguay con un precio promedio de \$0.056 y México con \$0.08. No obstante, no es la más cara ya que su precio promedio de \$0.15 es superado por Chile, Perú y Uruguay, donde este último cuenta con la electricidad promedio para hogares más cara de todas, con un precio de \$0.205 por kilowatt.

Finalmente, con la misma base de datos de Global Petrol Prices del tercer trimestre del 2020 se hace un análisis similar pero con respecto al promedio de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Esta comparativa resulta de gran importancia ya que esta organización extendió formalmente una invitación a Costa Rica a convertirse en el miembro número 38 el pasado mayo del 2020.

Gráfico N° 3: Tarifas eléctricas para hogares y empresas en promedio Costa Rica y el promedio de países miembros de la OCDE en el Tercer Trimestre del 2020



Fuente: Global Petrol Prices (2020)

Bajo esta comparativa, Costa Rica cuenta con una ventaja comparativa en el mercado de electricidad para hogares promedio en donde supera al promedio de la OCDE. Sin embargo, para empresas el promedio de los miembros de la OCDE ofrecen un precio más barato que el ofrecido en el país centroamericano, con una diferencia de \$0.045 por kilowatt. Es importante mencionar que de los 37 países únicamente hay 4 países con tarifas promedio más caras que Costa Rica en el sector empresarial, Alemania con \$0.24, Italia y Dinamarca con \$0.23 ambas y finalmente Inglaterra con \$0.225 por kilowatt. Finalmente también es válido rescatar la ventaja comparativa del mercado de electricidad para residencia, en donde Costa Rica es superado únicamente por 7 países, entre ellos los más baratos siendo México con \$0.08 y Turquía y Corea del Sur ambos con \$0.09 por kilowatt.

Bibliografía

- Aprobación del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central. (1997) Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=47796&nValor3=96974&strTipM=TC
- García, L. (2017). Análisis metodológico para la comparación de precios de la electricidad entre Costa Rica y sus principales socios comerciales americanos. Recuperado de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/75220/PFG%20Tarifas%2C%20Alta%20Res%2Ccon%20Anex.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Global Petrol Prices. (2020). Global Petrol Prices. Electricity prices. Recuperado de https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices/
- Hub de energía. (s.f.). Evolution of electricity rates in Latin America and the Caribbean. Hub de energía. Recuperado de <https://hubenergia.org/en/indicators/evolution-electricity-rates-latin-america-and-caribbean>
- Ing. Obregón, C. (2014.) Revista Universidad de Costa Rica. Visión Retrospectiva y modelo De Desarrollo Eléctrico De Costa Rica. Recuperado de https://www.ucr.ac.cr/medios/documentos/2014/carlos_obregon.pdf
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2018). Proyecciones de la demanda eléctrica en Costa Rica. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/741c8397-09f0-4109-a444-bed598cb7440/PROYECCION+DE+LA+DEMANDA+ELECTRICA+2018-2040.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mr11cAQ>
- OECD. (2020). Los países de la OCDE invitan a Costa Rica a convertirse en el 38 miembro de la Organización. Recuperado de <https://www.oecd.org/newsroom/los-paises-de-la-ocde-invitan-a-costa-rica-a-convertirse-en-el-38-miembro-de-la-organizacion.htm>
- Rohrmoser, G. (s.f.). Centenario de electricidad en Costa Rica. Revista de Filosofía UCR. Recuperado de <http://www.inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADA%20UCR/Vol.%20XXIV/No.59/Centenario%20De%20La%20Electricidad%20En%20Costa%20Rica.pdf>
- Solís, M. (2002). Entre el cambio y la tradición: EL FRACASO DE LA PRIVATIZACIÓN DE LA ENERGÍA Y LAS TELECOMUNICACIONES EN COSTA RICA. Revista ciencias sociales. Recuperado de <https://www.revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS95/03Solis.pdf>

Estructura y actores involucrados de la matriz eléctrica

El entendimiento de los actores involucrados en el sector eléctrico del país se comprende mejor teniendo una visión clara de la estructura y los roles asociados a ella. Es por eso que este apartado desarrolla la explicación de la estructura de todo el sector eléctrico, de la mano de una ilustración de los actores que están involucrados en todos los procesos, los cuales son fundamentales para el desenvolvimiento del sistema como un todo.

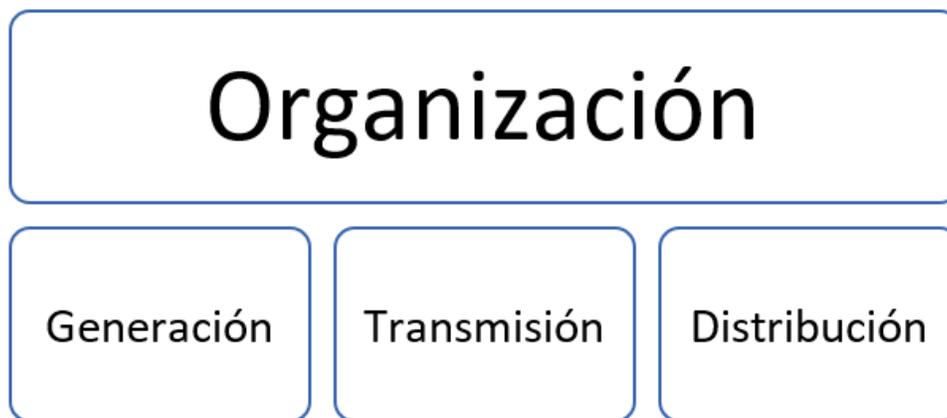
Alvarado (s.f.) en “Un Mercado Eléctrico Cerrado – El Caso de Costa Rica” menciona que:

“El sector eléctrico costarricense se caracteriza por un mercado no competitivo con un actor estatal dominante -el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)- en todos los segmentos del sistema eléctrico (generación, transmisión y distribución).”
(p.12)

La estructura del sistema eléctrico son específicamente los segmentos mencionados por Alvarado: La generación, la transmisión y la distribución. Adicional a lo mencionado por el autor, hay un segmento más que es de suma importancia en el proceso: la rectoría, regulación y planificación. A este subsector, por simplicidad, le llamaremos “organización”.

Por lo tanto, bajo la tutela de la institución estatal (el ICE), el funcionamiento del sector energético del país consta de la interacción de tres secciones, ilustradas por el esquema número 1:

Esquema N° 1: Funcionamiento del sector energético costarricense. Sus secciones



Fuente: Elaboración propia

El entendimiento de cada uno de los segmentos es vital para la correcta comprensión del funcionamiento del sistema, así como para la debida identificación de los actores involucrados en el proceso, por esa razón, procedemos a ilustrar cada uno de ellos:

Organización

Este segmento es de suma importancia, ya que, debido a que el sector eléctrico es una actividad completamente controlada por el Estado, es aquí donde yace la organización, planificación y regulación de todo el sector.

Las decisiones tomadas en estos espacios son decisivos tanto para el funcionamiento del sector, como para la transformación y desenvolvimiento que este tiene en el tiempo.

El siguiente cuadro es un fragmento del cuadro construido por Portóles (2011), en “El sector eléctrico en Costa Rica” el cual describe a la perfección las principales actividades del segmento de organización, además de los actores involucrados en ellas:

Cuadro N° 1: Entidades públicas encargadas de la organización del sector eléctrico

Actividad o competencia	Organizaciones participantes
Rectoría y definición de políticas nacionales	El Poder Ejecutivo por medio del Ministerio de Ambiente y Energía sustentado en la Dirección Sectorial de Energía
Regulación de los servicios públicos	La Autoridad Reguladora de Servicios Públicos para todas las fases del subsector eléctrico.
Planificación de largo plazo del subsector eléctrico	El ICE basado en el plan nacional de energía del MINAE.

Fuente: Portóles (2011)

Para esta investigación no es de vital importancia entender el trasfondo del funcionamiento de estas instituciones. Lo que realmente importa es tener claro que la organización parte de ellas, y que en ellas persiste un marco legal y normativo rígido que hace que la transformación del sector eléctrico sea muy lenta, o no exista transformación del todo.

Tenemos entonces tres actores en la organización: (1) el Ministerio de Ambiente y Energía -MINAE-, (2) la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos -ARESEP- y (3) el Instituto Costarricense de Electricidad -ICE-.

Todos los actores involucrados en la organización son instituciones estatales debido al esfuerzo histórico de parte del estado por el mantenimiento del control de este servicio. El sector privado tiene únicamente una pequeña función en todo el sector, la cual se explicará más adelante.

Generación

La generación de energía es el aspecto más importante del sector y el que más se valora en esta investigación. Esto se debe a que la naturaleza de la generación eléctrica es uno de los aspectos que más caracteriza al sector eléctrico costarricense, puesto que la organización ha buscado a lo largo de los años que se generen únicamente energías renovables, algo que, como se explicó con anterioridad, se ha logrado.

Otro aspecto de suma importancia para este trabajo es el rol que ha tenido el sector privado en el desarrollo de energía, el cual se irá explicando a lo largo de este apartado.

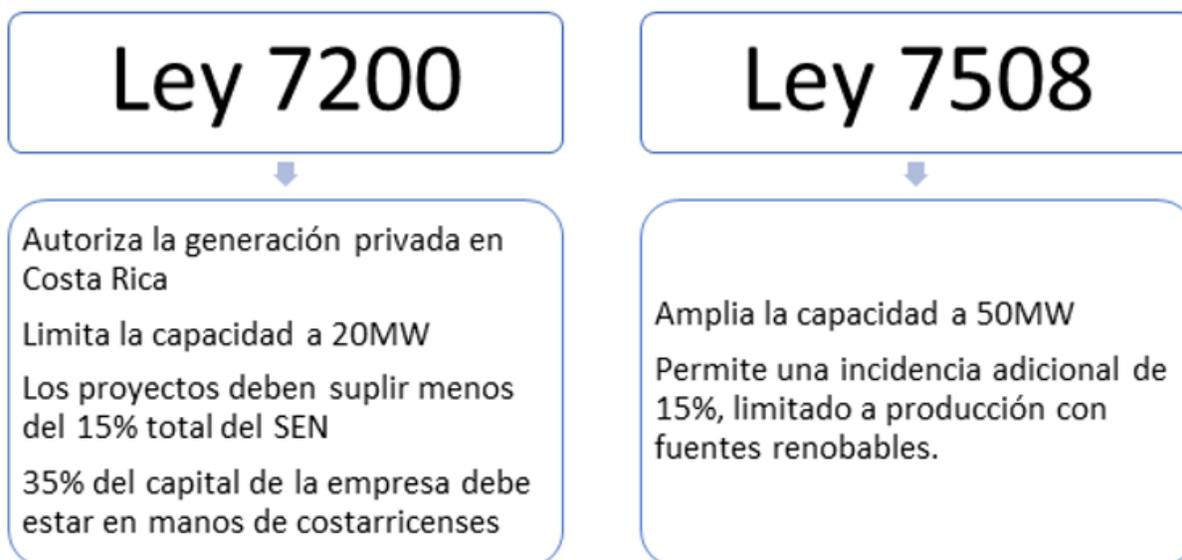
El desarrollo histórico de la generación ha estado, al igual que la regulación, hasta cierto punto monopolizado. La apertura de este mercado ha sido muy progresiva y sumamente limitante. Portóles (2011) describe el proceso de generación y la injerencia del sector privado:

“El Instituto Costarricense de Electricidad, entidad pública, hasta hace unas décadas era el único generador y comprador de energía en Costa Rica, ya que de acuerdo a su ley de creación es el responsable de satisfacer la demanda de energía eléctrica nacional. No obstante, a partir de la aprobación de las leyes 7200 y 7508 se permite la generación privada (...).”

(p.8)

Es así como, a partir de 1990, con la aprobación de la ley 7200, entra en el esquema el sector privado, únicamente como suplidor de energía, en un mercado monopsónico, con el ICE como único comprador.

El siguiente esquema genera una breve explicación de las leyes que regularon la incidencia del sector privado en la producción de energía:



Fuente: Elaboración propia a partir de Portóles (2011)

Como se puede observar en el esquema, las leyes permiten la entrada del sector privado a la generación, no obstante, lo hacen de una manera muy limitada, e inclusive proteccionista, puesto que el capital social debe estar más de una tercera parte en manos de costarricenses (Se flexibilizó un poco con la entrada de la ley 7508, pero solo para empresas de capacidad mayor a 20 MW). Aun así, la aprobación de la ley 7200 en 1990 y la ley 7598 en 1995 trajo consigo muchas empresas interesadas en la incidencia de esta “nueva” actividad en el país.

Es importante entender que la ley 7508, más que actualizar la ley 7200, generó una división en las entidades privadas que pueden venderle al ICE, esto quedó en evidencia en su marco normativo y su capitulación.

El capítulo 1 de la ley 7200, regula la compra de energía sobre empresas que poseen plantas de menos de 20MW, independientemente de donde proviene su energía. Estas empresas venden el excedente de energía al ICE una vez suplida sus necesidades. Bajo esta modalidad de producción privada, estas empresas y sus plantas son catalogadas como generación eléctrica autónoma o paralela. Y su definición, en el artículo uno del documento de ley es:

“Para los efectos de esta Ley, se define generación autónoma o paralela como la energía producida por centrales eléctricas de capacidad limitada, pertenecientes a empresas privadas o cooperativas que puedan ser integradas al sistema eléctrico nacional.” (Ley 7200, capítulo 1, artículo 1.)

Además, como se mencionó, la ley agrega que “(la) energía comprada lo será el excedente que tenga el productor en el punto de medición, luego de abastecer las necesidades propias.” (Ley 7200, capítulo 1, artículo 15)

Por otro lado, el capítulo 2 de dicha ley regula empresas cuya naturaleza es la producción de energía, y permite una capacidad instalada de hasta 50 MW. Estas empresas tienen la limitante de que la generación de energía debe provenir únicamente de fuentes renovables.

La capacidad de producir y vender de parte de estas empresas entra en vigor con la ley 7508, bajo la “compra de energía bajo régimen de competencia.” Y como se mencionó anteriormente, flexibiliza un poco el proteccionismo, ya que permite la venta de empresas con capital extranjero, aunque con ciertas regulaciones. En particular, las empresas extranjeras deben “(cumplir) las formalidades establecidas en el Código de Comercio y observando las disposiciones que, sobre el capital social, se establecen en el artículo 3 de esta Ley.” (Ley 7508, artículo 26)

En específico, la ley menciona que:

“Se autoriza al ICE para comprar energía eléctrica proveniente de centrales eléctricas de propiedad privada, hasta por un

Agrega que:

“Esa autorización es para adquirir energía de origen hidráulico, geotérmico, eólico y de cualquier otra fuente no convencional, en bloques de no más de cincuenta mil kilovatios (50.000 kw) de potencia máxima.” (Ibid.)

A partir de estos dos capítulos, existe un espacio de hasta un 30% de incidencia en la generación por parte del sector privado. No obstante, como se verá más adelante, no es un porcentaje que se produzca por este sector. El ICE como empresa ha procurado la ampliación de su producción con el fin de no depender de terceros, y con esto, ha ido disminuyendo las compras a entidades privadas.

Los siguientes cuadros muestran reportes del ICE de generación bruta de entidades privadas, para el 2020, tanto para las empresas cuya venta se rige con el primer capítulo, como aquellas que se rigen con el segundo.

Tabla N° 1: Generación bruta Privados MWh - Ley 7200, capítulo I. Primer semestre 2020

	Plantas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Acumulado/Planta	Relativa/Planta
Hidro	Tapezco	68,836	53,251	26,5	1,898	21,46	64,202	236,147	0,001408374
	Vara Blanca	1384,648	823,428	416,781	272,571	359,432	801,894	4058,754	0,02420629
	El Ángel	1804,082	941,139	580,578	444,639	771,981	1634,08	6176,498	0,036836453
	El Ángel Ampliación	2078,204	1125,401	769,903	632,184	1045,369	1760,55	7411,614	0,044202649
	Caño Grande	1710,553	1402,691	794,065	725,921	1094,631	1597,56	7325,42	0,04368859
	Santa Rufina	204,627	185,25	202,206	187,991	200,113	185,345	1165,532	0,006951199
	La Rebeca	58,213	54,888	56,788	44,863	56,588	55,712	327,052	0,001950529
	Platanar	7215,409	4729,802	3648,366	3073,068	3220,791	6402,38	28289,814	0,168719621
	Zuerkata	1479,694	901,034	548,434	395,512	402,783	913,816	4641,273	0,027680416
	Don Pedro	2843,646	3192,357	1378,136	985,074	601,398	1129,09	10129,704	0,060413258
	Poás I y II	471,122	260,595	203,902	163,743	247,993	501,121	1848,476	0,011024257
	Matamoros	2080,075	1485,413	1222,963	1021,964	1071,068	1800,26	8681,746	0,051777679
	Río Lajas	5806,478	5002,864	3832,439	3142,704	3008,264	4002,66	24795,408	0,147879086
	El Embalse	714,518	451,797	391,132	294,134	305,512	584,598	2741,691	0,016351365
	Volcán	3174,161	3793,403	1254,415	2117,569	1268,446	1452,47	13060,459	0,077892195
	Río Segundo II	509,525	392,656	261,865	189,952	243,588	405,369	2002,955	0,011945565
Doña Julia	944,362	7767,419	5088,923	6257,53	7076,177	8565,87	35700,282	0,212915435	
Caño Grande III	2218,643	1810,489	944,281	863,952	1288,712	1954,63	9080,702	0,054157041	
Subtotal	43316,795	34373,879	21621,68	20815,269	22284,31	33811,6	167673,527	1	
Eólico	Aeroenergía	3022,445	2983,417	3452,941	1989,75	1228,297	903,884	13580,734	0,03144501
	Vientos del Este	5494,592	5521,717	6637	4642,683	2906,628	2680,43	27883,051	0,064560783
	PESA (Tilarán)	7532,915	9189,78	11377,45	6476,317	4046,801	3121,05	41744,309	0,096655322
	MOVASA	8801,371	9155,913	11071,94	5938,695	2794,759	1979,43	39742,101	0,092019384
	Tilawind	11318,852	11571,38	11652,93	8106,171	4324,119	2890,61	49864,068	0,115455919
	PE Mogote	10903,497	9408,36	12856,28	8238,251	5149,041	4424,78	50980,2	0,118040226
	Altamira	9562,458	10464,234	12494,07	9885,375	6136,658	5145,53	53688,325	0,124310654
	Campos Azules	9266,61	9575,93	13090,72	9945,569	5915,56	4954,24	52748,623	0,122134856
	Vientos de la Perla	8740,295	9421,652	12044,57	9661,066	5580,439	5278,13	50726,153	0,117452002
	Vientos de Mirama	9128,399	9676,453	12372,77	9458,412	5553,48	4741,28	50930,799	0,117925842
Subtotal	83771,434	87038,836	107050,7	74341,714	43635,78	36119,4	431888,363	1	
Bagazo	Ingenio Taboga	7237,686	6406,116	7402,408	3468,318	-	-	24514,528	0,477191101
	Ingenio El Viejo	8863,748	8239,391	8526,302	1228,59	-	-	26858,031	0,522808899
	Subtotal	16101,435	14645,507	15928,71	-	-	-	51372,559	1
Total	143189,664	136058,223	144601,1	99853,892	65920,09	69931	650934,449		

Fuente: Elaboración propia con datos del ICE, en su informe de junio 2020.

La tabla anterior permite visualizar los desempeños productivos de las empresas privadas para el primer semestre del 2020. Con respecto a la generación hidroeléctrica, se observa que a lo largo de los meses estudiados, la planta Doña Julia fue la que tuvo la mayor generación (35700 MWh aproximadamente) que representa un 21.3% de la energía eléctrica producida a través de esa modalidad. En el extremo opuesto, Tapezco fue la planta hidroeléctrica que menor cantidad de electricidad obtuvo con 236.147 MWh equivalentes a 0.14% del subtotal en cuestión.

Por otra parte, con respecto a la generación eólica los datos de la tabla indican que la planta privada que menos contribuyó a la

generación eléctrica fue Aeroenergía con una cantidad nominal de 13580.734 MWh que representan un 3.1% de la generación eólica total. Paralelamente, Altamira fue el complejo que produjo más energía eléctrica a partir del viento con una participación relativa de 12.4% del total.

Además, el Ingenio Taboga y el Ingenio El Viejo son las dos plantas que reportan emplear bagazo para la generación eléctrica. Entre las dos se estima una producción total de 51372.559 MWh.

Tabla N° 2: Generación bruta Privados MWh - Ley 7200, capítulo II. Primer semestre 2020

	Plantas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Acumulado/Planta	Relativo/Planta
Hidro	El General	21537,689	16620,91	10656,595	12135,524	14622,71	18667,269	94240,697	0,308352288
	La Joya	11331,643	8044,984	3161,438	4471,02	14553,666	19766,291	61329,042	0,200666495
	Torito	15296,863	11726,311	8347,548	8993,342	18888,565	23165,544	86418,173	0,282757261
	Chucás	9774,549	7428,47	6444,465	7944,317	11377,07	20669,933	63638,804	0,208223956
	Subtotal Hidro	57940,744	43820,675	28610,046	33544,186	59442,01	82269,037	305626,716	1
Eólico	P:E Guanacaste	24627,581	24892,593	29360,347	16011,008	9826,148	8487,066	113204,743	0,302109729
	Chiripa	24963,2	26158,592	32556,032	22641,152	15797,376	13383,936	135500,288	0,361609895
	P:E Orosi	27847,964	28567,956	23639,442	19950,698	12947,265	13055,638	126008,963	0,336280377
	Subtotal Eólico	77438,745	79619,141	94555,821	58602,858	38570,789	34926,64	374713,994	1
Total	135379,489	123439,817	123165,867	92147,044	98012,799	117195,68	680340,71		

Fuente: Elaboración propia con datos del ICE, en su informe de junio 2020.

Similarmente a la tabla anterior, esta presenta datos sobre generación bruta privada para el primer semestre del año 2020. En este escenario, no obstante, destaca la planta El General con la mayor producción acumulada de electricidad por medio de la metodología hidroeléctrica con 94240.697 MWh que suponen un 31% de la generación total con esta práctica; La Joya fue el complejo que menos producción alcanzó con una participación relativa de 20%.

En el ámbito eólico, la planta Chiripa sostuvo la mayor participación con 135500.288 MWh equivalentes a 36% aproximadamente. A su vez, P:E Guanacaste fue quien produjo en menor proporción pues sus resultados reflejan un acumulado de 113204.743 MWh que representan un 30 por ciento.

En este caso, la metodología eólica fue la que representó la mayoría de generación eléctrica por parte de agentes privados para el primer semestre del 2020.

Los dos grupos de generadores privados, anteriormente mencionados, sumados a la generación del ICE, forman gran parte de la matriz de generación, mas no su totalidad. Existe también un sector público autorizado tanto para distribuir energía, como para generarla. La generación de energía por parte de este sector es regulado por la Ley 8345 (Ley de Participación de las Cooperativas de Electrificación Rural y de las Empresas de Servicios Públicos Municipales en el Desarrollo Nacional).

Los aspectos más importantes de esta ley son los siguientes:

La ley define que, en aras del aprovechamiento de los recursos renovables y no renovables dentro de las fronteras del país, la generación de energía eléctrica adopta el carácter de interés público y nacional al ver incluido en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) diversas entidades como las cooperativas rurales y diversas empresas de servicios municipales. Todo esto con el objetivo de proveer la mejor red de servicios de electrificación a lo largo y ancho del país, con la posibilidad de venta del servicio dentro del área de concesión (otorgada por el MINAE), así como de alianzas estratégicas entre los agentes generadores.

Se generan una serie de beneficios a las concesiones otorgadas a cooperativas y empresas municipales, entre ellas, está la posibilidad de atravesar vías públicas (cumpliendo con los requisitos legales y técnicos), expropiaciones de territorios a través de municipalidades y el ICE (asumiendo los respectivos costos), la venta del excedente productivo al ICE a un precio conveniente para la institución, exoneración de impuestos y beneficios fiscales equivalentes a los otorgados por el Estado a sus empresas de servicios eléctricos.

La ley también especifica que todos los procesos de solicitud de concesión para el uso de las aguas deben realizarse ante el MINAE y se debe incluir una aprobación del estudio de impacto ambiental generado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). La vida útil de estas concesiones es de 20 años una vez otorgadas y pueden ser renovadas por un periodo de la misma duración. Razones para su extinción son entre otros la cesación del objeto original de la concesión. Y algunos causales de cese son el desaprovechamiento del recurso hídrico por tres años consecutivos, utilización de las aguas para otros fines, el traspaso de la concesión a un tercero, entre otras.

El informe del ICE para Junio del 2020 presenta la siguiente lista de productores amparados por la regulación anteriormente mencionada:

Tabla N° 3: Generación bruta Otras Empresas MWh - Ley 8345. Primer semestre 2020

	Plantas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Acumulado/Planta	Relativa/Planta
ESPH	Jorge Manuel Dengo	-	981,650	856,520	795,960	1 045,449	1 792,143	5 471,722	0,060958024
	Los Negros	8 251,121	3 727,563	2 868,968	1 742,192	2 031,257	3 772,766	22 393,867	0,249480123
	Los Negro II	16 757,689	8 040,513	6 451,102	3 794,883	4 317,845	8 447,648	47 809,680	0,532626404
	Tacares	2 731,425	2 045,741	1 860,634	2 051,998	2 329,585	3 067,477	14 086,860	0,156935449
	Subtotal	2 774,235	17 795,468	12 037,223	8 385,033	9 724,136	17 080,033	89 762,129	1
JASEC	Barrio Morado	665 655,000	510,480	392,094	362,286	535,810	712,941	668 168,611	0,93568075
	Birris 12	8 542,458	5 922,515	3 995,831	3 030,842	3 290,927	4 448,333	29 230,906	0,040933973
	Birris3	2 986,962	2 733,978	2 109,240	1 561,758	1 626,554	2 128,806	13 147,298	0,018411032
	Tuis	707,673	446,741	342,663	325,310	653,533	1 076,183	3 552,103	0,005
	Subtotal	12 902,748	9 613,714	6 839,828	5 280,196	6 106,824	8 365,813	714 098,918	1
CNFL	CNFL	16 908,836	11 401,313	7 272,269	8 713,611	15 492,204	30 067,263	89 855,496	0,636407962
	Daniel Gutiérrez	4 979,293	3 020,142	2 389,716	1 995,929	2 327,791	8 672,073	23 384,944	0,165625535
	Balsa Inferior	5 936,838	3 021,691	2 634,420	2 184,401	3 085,130	11 088,739	27 951,219	0,197966503
	Subtotal	27 824,967	17 443,146	12 296,405	12 893,941	20 905,125	49 828,075	141 191,659	1
	Valle Central	4 921,518	5 540,173	4 481,762	1 577,291	1 351,548	1 014,818		
Coopeloesca	Chocosuelas	6 261,302	5 037,387	4 711,972	4 132,508	4 432,305	7 045,369	31 620,843	0,278550772
	Cubujuqui	9 806,507	7 850,883	4 528,360	5 400,835	7 399,870	9 166,512	44 152,967	0,388947349
	Hidrozarcas	6 690,400	5 058,229	3 037,736	2 337,486	3 169,056	6 778,668	27 071,575	0,238475872
	La Esperanza	2 860,534	1 821,528	1 112,198	860,436	1 181,979	2 837,076	10 673,751	0,094026006
	Subtotal	25 618,743	19 768,028	13 390,266	12 731,265	16 183,210	25 827,625	113 519,136	1
Cooppe-Guanacas	Bijagua	9 190,721	5 492,610	5 449,766	3 727,902	4 011,910	5 300,966	33 173,875	0,036440066
	Canalete	7 930,210	4 456,592	4 379,057	3 040,801	3 188,301	4 984,534	27 979,495	0,030734265
	Juanilama Solar	786 692,000	838,082	891,642	755,374	606,210	573,076	790 356,384	0,868172291
	PE Río Naranjo	4 560,722	4 114,037	5 184,256	3 057,716	1 968,511	1 853,287	20 738,529	0,022780377
	PE Cacao	8 850,392	9 698,921	11 155,575	4 295,760	2 795,068	1 324,130	38 119,846	0,041873001
	Subtotal	31 318,737	24 600,242	27 060,295	14 877,553	12 570,000	14 035,993	910 368,129	1
Coopeléctricas	Pocosol	14 496,990	9 975,777	4 011,749	3 494,382	5 928,613	14 143,989	52 051,500	0,695032857
	San Lorenzo	6 085,501	3 167,352	2 004,643	1 567,944	1 931,785	8 081,979	22 839,204	0,304967143
	Subtotal	20 582,491	13 143,129	6 016,392	5 062,326	7 860,398	22 225,969	74 890,704	1
Coopasantos	Los Santos	4 974,779	5 108,448	5 233,098	2 220,218	1 589,265	1 683,687	20 809,495	1
Total	155 884,217	110 012,347	87 355,269	63 027,823	76 290,506	140 062,012	2 064 640,170		

Fuente: Elaboración propia con datos del ICE, en su informe de junio 2020.

Esta otra tabla enfoca su análisis en empresas estatales y cooperativas que contribuyen a la generación de electricidad del sistema eléctrico nacional. Así, se observa que para el lapso de tiempo estudiado, la ESPH obtuvo su mayor productividad en la planta Los Negros II, donde se alcanzó el 53.2% del total empresarial; José Manuel Dengo, por su parte representó 6.1% del subtotal, siendo la menor contribución.

JASEC, por otro lado, concentró su generación en la central Barrio Morado que obtuvo cerca de 670 mil MWh (93.5%). En el otro extremo está la planta Tuis que aportó sólo el 0.5% de la generación. La CNFL alcanzó su mayor contribución en el complejo del mismo nombre, cantidad que significó el 63.6% de su subtotal, mientras que los casi 24 mil MWh de la planta Daniel Gutierrez fueron la menor generación.

Cubujuquí fue el sitio que más peso tuvo en la capacidad productiva de Coopelesca, pues logró generar cerca de 44152 MWh, mientras que La Esperanza no alcanzó los 11 mil MWh (39% y 9.4% respectivamente). En la otra mano, CoopeGuanacaste vio su peor desempeño en PE Río Naranjo, donde se generó un 2.3% del total de la institución; Juanilama Solar fue el máximo referente de la cooperativa al representar 86.8% de la electricidad generada en ese periodo de tiempo.

Coneléctricas obtuvo un subtotal de producción energética de 74 900 MWh aproximadamente, los cuales se distribuyeron entre sus plantas Pocosol y San Lorenzo. Donde la primera fue el contribuyente mayor con un 69.5%.

Finalmente, se puede denotar que en términos absolutos, la institución que obtuvo la mayor producción durante el primer semestre del 2020 fue CoopeGuanacaste con más de 910 mil MWh, mientras que Los Santos sólo alcanzaron 20809 MWh aproximadamente, siendo el ente con la menor producción acumulada.

Dado lo anterior, es posible identificar -en la matriz- una producción de energía de cuatro sectores, los cuales pueden dividirse en actores públicos o privados. Portolés (2011) genero una tabla resumen en donde se identifican los actores (empresas, cooperativas, instituciones públicas, etc.) productoras de energía, esta tabla divide a las empresas públicas y privadas que producen energía mediante y las clasifica por método de generación. Dicho cuadro fue actualizado con los productores con contrato para el ICE en el primer semestre del 2020.

Cuadro N° 2: Empresas públicas productoras de energía

<p>Hidráulica</p> <p>CNFL</p> <p>Coneléctricas</p> <p>Coopeguanacaste</p> <p>Coopelesca</p> <p>ESPH</p> <p>ICE</p> <p>JASEC</p>	<p>Geotérmica</p> <p>ICE</p>	<p>Eólica</p> <p>CNFL</p> <p>ICE</p> <p>Coopesantos</p> <p>Coopegua</p>
<p>Térmica</p> <p>CNFL</p> <p>ICE</p> <p>Saret-Río Azul (No produce actualmente)</p>	<p>Solar</p> <p>ICE</p> <p>Coopeguanacaste (Junilama)</p>	

Fuente: Elaboración propia a partir de Portóles (2011)

Cuadro N° 3: Empresas privadas productoras de energía

<p>Hidráulica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caño Grande III • Caño Grande • Doña Julia • Don Pedro • El General • Embalse • Esperanza • Hidrozarcas • La Lucha • Losko • Matamoros • Platanar • Quebrada Azul • Rebeca • Rio Lajas • Suerkata • Tapezco • La Joya (Gas Natural Fenosa) • Volcán • El Ángel • El Ángel (Ampliación) • Poás I y II • Rio Segundo II • Santa Rufina • Vara Blanca • Torito • Chucás • Zuerkata 	<p>Eólica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aeroenergía • Movasa • P.E.S.A. • Vientos del Este • Tilawind • Mogote • Altamira • Campos Azules • Vientos de Miramar • Vientos de La Perla • P.E Guanacaste • P.E Orosi • Chiripa
<p>Geotérmica</p> <ul style="list-style-type: none"> • G.G.Ltd 	<p>Térmica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alston Power • El Viejo • Energy Int. (Alquiler) • Taboga

Fuente: Elaboración propia a partir de Portóles (2011)

El cuadro anterior incluye empresas privadas inactivas, no obstante, su identificación es importante, ya que es energía que podría ser potencialmente aprovechada para otra actividad.

Volviendo a interpretar la matriz en su totalidad, y habiendo identificados todos los productores de energía, y sus respectivas regulaciones, es posible observar algunas características de la producción en general. En particular, las dos características más importantes son la composición, tanto de los productores, como de la energía producida.

El siguiente cuadro muestra la capacidad instalada en placa para el 2020, dividido por cada uno de los sectores que se identificaron a lo largo de esta sección:

Tabla N° 4: Capacidad instalada en placa (2020)

Sistema Eléctrico Nacional Instalado en Placa			
ICE	kW	Unidades	%
Hidro	1 683 818	42	69,09%
Térmico	474 112	21	19,45%
Geotérmico	261 860	8	10,74%
Eólico	16 500	25	0,68%
Solar	1 000	10	0,04%
Total ICE	2 437 290	106	67,93%
Otras Empresas	kW	Unidades	%
Hidro	372 064	60	85,60%
Biogás			
Eólico	58 200	44	13,39%
Solar	4 400	1	1,01%
Total Ot. Empresas	434 664	105	12,12%
Ley 7200, Capítulo I	kW	Unidades	%
Hidro	106 003	46	29,59%
Eólico	181 230	154	50,59%
Biomasa	71 000	4	19,82%
Total Ley 7200, Capítulo I	358 233	204	9,99%
Ley 7200, Capítulo II	kW	Unidades	%
Hidro	202 531	9	56,65%
Eólico	154 985	113	43,35%
Total Ley 7200, Capítulo II	357 516	122	9,97%
Total instalado	3 587 703	537	

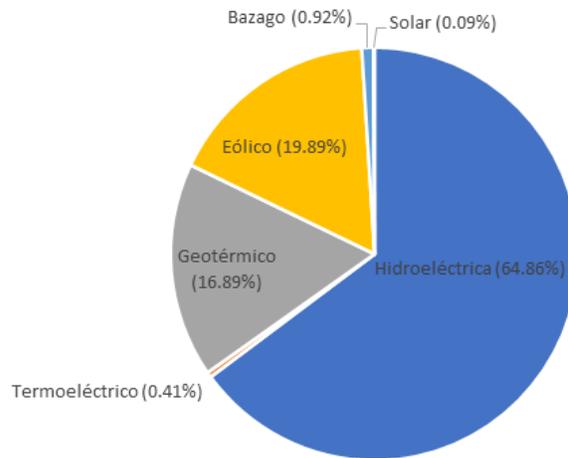
Fuente: Elaboración propia con datos del ICE, en su informe de junio 2020.

La tabla anterior expone la capacidad instalada para junio del 2020 del sistema eléctrico costarricense. En términos de empresas productoras, se observa que el ICE con las cinco fuentes de energía renovable tiene la mayor cantidad de unidades (106) que representan cerca de 68% de la capacidad instalada del país; el resto de las empresas detentan una unidad menos, pero sólo representan el 12.12% de la generación nacional.

Por otro lado, con respecto al capítulo primero de la Ley 7200, se observa que incluye un capital instalado de 358233 KW equivalente a 9.99% del total nacional, al poseer 204 unidades de capital instalado. Por su parte, el segundo capítulo de la citada ley mantiene números similares al tener un peso relativo de 9.97%, utilizando 122 unidades de capital instalado.

Por otro lado, el siguiente esquema muestra la proporción de todas las fuentes sobre el total de energía generado en el país, tanto público como privado:

Esquema N° 3: Producción de energía por tipo de fuente para el año 2020



Fuente: Elaboración propia con datos del ICE, en su informe de junio 2020.

El esquema anterior expone la distribución de la generación energética, según los diferentes tipos de fuentes para el año 2020. Así, se deriva que la tecnología hidroeléctrica fue la más empleada con cerca de 65% de la producción total. Seguidamente se ubican las plantas eólicas que representan un 19.89%. Además se presenta la geotermia que alcanzó un 16.89%, de forma que se sitúa en el tercer lugar. El resto de fuentes de energía (Bazago, Termoeléctrico y Solar) detentaron un porcentaje muy bajo con 0.92%, 0.41% y 0.09% respectivamente.

Por último, es indispensable tener claro la interconexión de todas las plantas de energía, la cual se da por medio del SEN.

Portolés (2011) menciona que:

“Todas las plantas generadoras se encuentran interconectadas al Sistema Eléctrico Nacional. La Unidad Estratégica de Negocios y el Centro Nacional de Control de Energía (UEN y CENCE) del ICE dirigen y coordinan el funcionamiento del sistema eléctrico nacional (SEN) y el Mercado Eléctrico Nacional.” (p. 12)

Transmisión

La transmisión de energía es aquella que permite el traslado de este insumo.

El ICE, en su informe “Líneas de Transmisión y Campos Electromagnéticos” explica que: “Los sistemas de transmisión y distribución de electricidad permiten trasladar y repartir los bloques de energía producidos en las plantas entre todos los consumidores.” (p.1)

Por otro lado, Portoles (2011) genera una breve explicación que permite entender la estructura de la red de transmisión costarricense, el autor explica que:

“El ICE a través de su dependencia UEN Transporte de Electricidad es el encargado de la planificación, operación, mantenimiento y ampliación de la red de transmisión (líneas y subestaciones de transmisión) a nivel nacional; lo cual supone un monopolio. Realiza estudios de alternativas de red, asociadas a los proyectos de generación para encontrar la mejor alternativa que permita proveer al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) una infraestructura capaz de dar los servicios de transporte e interconexión, conexiones de alta tensión, transformación y conexiones de media tensión.” (p.16)

Así que, como menciona el autor, la red de transmisión se encuentra monopolizada por el ICE, quien vela por el debido funcionamiento del medio de transporte energético del país.

Dicho modelo no ha sido defectuoso, ya que el ICE menciona que:

“El Sistema de Transmisión se extiende desde Peñas Blancas (frontera con Nicaragua) hasta Paso Canoas (frontera con Panamá) y desde Sixaola en el Caribe hasta Santa Cruz, en la Península de Nicoya. Desde 1996 desaparecieron los sistemas de distribución aislados y el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) cubre todo el país.” (p.30)

Distribución

La distribución de energía está a cargo de ocho empresas de servicio público, las cuales, según el ICE, se pueden clasificar por su naturaleza:

“Estas empresas son el ICE y su subsidiaria Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), dos empresas municipales, Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), y las cooperativas de electrificación rural de Guanacaste, San Carlos, Los Santos y Alfaró Ruiz, denominadas respectivamente COOPEGUANACASTE, COOPELESCA, COOPESANTOS Y COOPEALFARO.” (p.32)

A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de estos actores, involucrados en el proceso de distribución:

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)

La CNFL es una compañía estatal, producto del Contrato Ley N 2 del 8 de abril de 1941, dedicada al abastecimiento y comercialización de energía eléctrica. Se trata de una institución que según la propia CNFL (2021) tiene como meta abonar al desarrollo multisectorial de sus clientes a partir de la energía y las soluciones que ésta provee. Estos esfuerzos distribuidores se realizan principalmente a partir de sus múltiples plantas hidroeléctricas que mantienen alrededor del territorio nacional.

COOPEALFARORUIZ

La cooperativa Alfaró Ruiz es el resultado de una serie de esfuerzos comunitarios en la zona de Zarcero a partir de la década de 1970, por lograr obtener un buen servicio de electricidad en la Zona. Así mismo, dentro de estas intenciones de fomento al desarrollo de sus asociados, la cooperativa cuenta con un Consejo de Administración, un Comité de Educación y Bienestar Social, y el Comité de Vigilancia, todos en pro de las familias de Zarcero.

COOPEGUANACASTE R.L.

Esta cooperativa guanacasteca ejerce sus labores distributivas a partir de un sentimiento de solidaridad y conciencia ambiental para con la región de la península de Nicoya. De esta forma su misión de fomento para el desarrollo de las comunidades a través del abastecimiento de fuentes renovables de energía como la hídrica, solar y eólica, para así impulsar al sector comercio e industria desde servicios varios.

COOPELESCA

La COOPELESCA es un ente empresarial/cooperativista que busca proveer bienestar, autosuficiencia y desarrollo para las familias de la zona de San Carlos. Esto lo pretenden alcanzar desde la innovación y la producción hidroeléctrica de energía. Además, desde sus valores centrales como el compromiso, la lealtad y el servicio, esta institución ofrece una alta gama de beneficios para sus asociados dentro del área educativo, médico y especialmente el sector social ya que este ámbito es el eje central de las labores de la cooperativa.

COOPESANTOS

Desde su instauración a inicios de 1965, esta organización se ha enfocado en ser un facilitador de desarrollo y superación para las comunidades de Los Santos y Carraigres, comunidades cafetaleras muy excluidas del progreso general del país. En este sentido, como señala COOPESANTOS (2021), se implementó el servicio de distribución de energía eléctrica, así como de servicios de telecomunicaciones que han permitido el avance de estas comunidades en diversas áreas del diario vivir.

ESPH

La Empresa de servicios públicos de Heredia es una institución polifacética. Siendo la evolución de la Junta Administradora del Servicio Eléctrico Municipal de Heredia (Jasemh) de 1915, surge en la década de 1976 ante la necesidad de un ente que administra además del recurso eléctrico, el servicio de agua potable y mantenimiento del acueducto provincial. Así es, como indica la ESPH (2018) que esta empresa sin fines de lucro fue ampliando sus capacidades y competencias de forma que a la fecha ofrece servicios de telecomunicaciones, alcantarillado sanitario, agua potable y energía eléctrica, siempre buscando ofrecer los precios más bajos posibles para la comunidad herediana.

ICE

A pesar de que se ha discutido en muchas ocasiones la incidencia de este actor en otras secciones del sector eléctrico, no está de más entender su naturaleza. El Instituto Costarricense de Electricidad forma parte de lo que hoy se conoce como Grupo ICE, junto a sus empresas hermanas Radiográfica Costarricense S.A (RACSA), la CNFL y Gestión Cobro. Como señala Grupo ICE, el ICE como empresa pública surge como una herramienta para atender la necesidad de universalizar el acceso a la electricidad en todo el territorio nacional, principalmente desde la producción hidroeléctrica, a partir de finales de la década de 1940. Eventualmente y gracias a su éxito sostenido en este campo, se le designó una tarea adicional en 1963: la gestión de las actividades de telecomunicación en el país. Cabe señalar que estas actividades realizadas desde el ICE y el resto de empresas que forman parte de Grupo ICE parten de una noción de desarrollo sostenible que engloba el sector energía, info-comunicación e ingeniería.

JASEC

La Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago es la manifestación de diversos esfuerzos sostenidos por parte de la población de esta provincia durante la década de 1960. JASEC (2018) indica que después de una serie de inconsistencias entre la calidad del servicio eléctrico recibido por estas comunidades, y los aumentos en precios desmedidos que se les impuso desde el ICE, las presiones desde el sector civil impulsó la aprobación legislativa del Proyecto de Ley para una Junta Eléctrica en la provincia de Cartago. Desde entonces, apoyada en un ideal de compromiso, honestidad y solidaridad, esta institución pretende contribuir al mejoramiento de la vida de sus usuarios desde la eficiencia de los servicios de interés público, la responsabilidad social y la conciencia ambiental.

El siguiente mapa ilustra los sectores en los cuales estas empresas poseen cobertura en el país:

Mapa N° 1: Distribuidor de energía por sector



Fuente: Elaboración propia a partir de plataforma del ARESEP

Los datos específicos de la cobertura de estas entidades son presentados en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 4: Área y porcentaje de cobertura por distribuidor

Operador	Área cubierta (en KM2)	Porcentaje del país cubierto
COOPELESCA	4750.01	9.1%
	3760.16	7.2%
CNFL	942.32	1.8%
ESPH	109.79	0.2%
	231.62	0.4%
ICE	39608.05	76.0%
COOPESANTOS	1468.55	2.8%
ZONA EN BLANCO	44.45	0.1%
JASEC	1208.70	2.3%
Total	52123.65	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos generados por la Intendencia de Energía (2019)

El cuadro que se presentó anteriormente logra un desglose del área y porcentaje de cobertura por distribuidor. Los datos indican que el ICE fue el operador con mayor porcentaje de cobertura nacional con un 76% del territorio. Le sigue Coopelesca con un área de 4750.01 Km2 equivalentes a 9.1% y Coopeguanacaste con una participación relativa de 7.2 puntos porcentuales. Por otro lado, la ESPH tiene la cobertura nacional más pequeña al alcanzar 109.79 Km2 que suponen un 0.2%. De lo anterior se deriva la supremacía participativa del ICE en cuanto a distribución de electricidad, en comparación al resto de empresas distribuidoras.

El siguiente cuadro ilustra un poco mejor las zonas de distribución:

Cuadro N° 5: Áreas de Distribución

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)	Cantones del Gran Área Metropolitana como: San José, Escazú, Desamparados, Aserrí, Mora, Goicoechea, Santa Ana, Heredia, Barva, Belén, Flores, Cartago, entre otros.
COOPEALFARORUIZ	Cantones que forman parte de la frontera entre la Región Central y la Huetar Norte
COOPEGUANACASTE R.L.	Su servicio abarca parte importante de la Península de Nicoya, incluyendo secciones tanto de la Región Chorotega como de la Región Pacífico Central
COOPELESCA	Esencialmente, su cobertura se ubica en la Región Huetar Norte y la Región Central, aproximadamente.
COOPESANTOS	Cantones abastecidos: Acosta, Aserrí, Cartago, Dota, Desamparados, El Guarco, León Cortés, Mora y Tarrazú.
La Empresa de servicios públicos de Heredia (ESPH)	Cantones de cobertura: Cantón Central, San Rafael, San Isidro, Santa Lucía del Cantón de Barva, Flores y San Pablo.
Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)	Dada su amplio alcance, la cobertura del ICE abarca las 6 regiones del país en distintos niveles, dependiendo del servicio de las demás distribuidoras
Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC)	Su alcance eléctrico se ejerce dentro de las secciones más hacia el Este de la Región Central.

Fuente: Elaboración propia a partir de plataforma del ARESEP

No es difícil identificar a este punto de la investigación que los distribuidores también son productores (amparados por la ley 8345). Y es que, en particular, a los distribuidores les es más rentable distribuir lo producido que lo suministrado por el ICE. A continuación se presenta un breve desglose de lo que estos distribuidores han generado como productores.

El Grupo ICE en su "Informe de Evaluación: Plan-Presupuesto Año 2019" expone entre otras cosas, los márgenes de generación eléctrica que registraron tanto el ICE como la CNFL. Según datos del informe en cuestión, durante el 2019 se produjo a nivel nacional un total de 11334 GWh (gigavatios/hora). De lo anterior, 7208 GWh corresponden a actividades propias del Instituto Costarricense de Electricidad; 390 GWh fueron producidos por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. A su vez, según Grupo ICE (2020) tanto el ICE como la CNFL utilizaron plantas hidroeléctricas y eólicas. La tecnología térmica, geotérmica y solar solo fueron empleadas por el primer agente.

La Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC) es una empresa municipal de producción eléctrica minoritaria dentro de la estructura funcional de la matriz eléctrica nacional. JASEC (2020) señala que el ejercicio de sus funciones se ve estrechamente relacionado con la tecnología hidroeléctrica y la conciencia ambiental, su sostenibilidad y protección. En este sentido, el área de producción energética de este agente productor abarca los departamentos de Birris, Barro Morado, Tuis y Apoyo Técnico. La institución indica en el "Informe anual de Labores 2019" que su capacidad instalada fue superior a los 51 MW (megavatios).

Similarmente, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) le ha dado prioridad a la metodología hidroeléctrica para la generación de electricidad para abastecer a sus abonados con la premisa principal de proveer mejores tarifas para los usuarios. Con relación a algunas de sus actividades energéticas, la ESPH (2020) ha indicado que rehabilitó la planta hidroeléctrica Jorge Manuel Dengo en Carrillos de Poás de Alajuela. En este sitio se llevó a cabo una inversión de forma que su capacidad de producción aumentara de 2.5 MW a 4.2 MW. Adicionalmente, resalta el PH Los Negros II. Este complejo localizado en la región de Upala representa un incremento de gran importancia para la producción de electricidad de la empresa ya que ostenta una capacidad instalada equivalente a 28 MW aproximadamente.

Por su parte, la Cooperativa de Electrificación de San Carlos (COOPELESCA) se ha abocado a la generación de energía eléctrica basada en cinco plantas hidroeléctricas que están ubicadas en la Zona Norte del país. Más aún, COOPELESCA (2019) señala que de los 84 MW aproximadamente que produce su complejo, 26 MW son generados en la Central Hidroeléctrica Chocosuela, 22,4 MW provienen de la Central Hidroeléctrica Cubujuquí y de la Central Hidroeléctrica Platanar surgen 15.5 MW. Adicionalmente, La Central Hidroeléctrica La Esperanza tiene una capacidad instalada de 5.51 MW, mientras que el complejo hidroeléctrico Aguas Zarcas produce un aproximado de 14.47 MW.

Sobre la misma línea de la producción hidroeléctrica de energía que ha empleado la COOPELESCA, la Cooperativa de Electrificación Rural de Guanacaste (COOPEGUANACASTE) trabaja, por un lado, con esta tecnología en la Central Hidroeléctrica de Canaleta que tiene una capacidad productiva de alrededor de 17.5 MW, y el Hidroeléctrico Bijagua que genera unos 17.58 MW. Por otro lado, la COOPEGUANACASTE le ha apostado a otros mecanismos de elaboración de electricidad. Dentro de estos se encuentran el parque eólico Río Naranja que genera alrededor de 34.3 GWh y el parque solar Juanilama que cuenta con una generación de 9 GWh al año. Además, esta cooperativa cuenta con dos proyectos de electricidad renovable en construcción, uno de Gasificación de Desechos Sólidos y otro de Sistemas Eólicos.

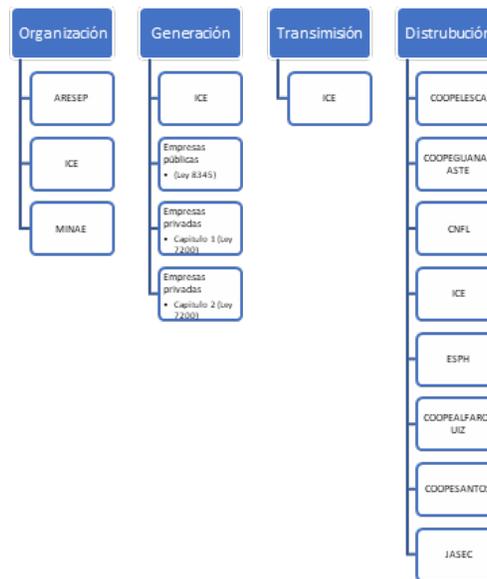
La Cooperativa de Electrificación Rural de Los Santos (COOPESANTOS S.R.L.) también es un agente participante en la generación de electricidad dentro de la matriz eléctrica de Costa Rica. Por un lado, esta institución le ha apostado a la producción eólica, a través del Parque Eólico Los Santos. Este complejo, según COOPESANTOS, está integrado por 15 aerogeneradores que alcanzan una capacidad de 12.75 MW. De esta forma se abastece alrededor de un 30 % del nicho atendido por la cooperativa. Sin embargo, esta productora de energía eléctrica también se ve beneficiada por la tecnología hidroeléctrica.

Por último, COOPEALFARO, por el momento esta entidad es la única distribuidora la cual se encuentra inactiva en cuanto a generación.

Interacción de los segmentos y esquemización de los actores involucrados

El siguiente esquema número 4 resume un desglose parcial de los segmentos y los actores involucrados en el sector eléctrico:

Esquema N° 4: Segmentos y actores involucrados en el sector eléctrico



Fuente: Elaboración propia

El esquema número cuarto provee un acercamiento visual a todas las etapas que forman parte del sector eléctrico nacional, así como las instituciones, organizaciones y demás actores que forman parte del proceso ya sea en una o múltiples facetas; una demostración condensada de lo señalado en las diversas secciones previas de este trabajo.

Como ya se expuso anteriormente, dada la naturaleza del sistema eléctrico nacional, la organización de su funcionamiento reside exclusivamente en el Estado costarricense. Así, como se observa en el esquema N° 4, la formación y rectoría de políticas a nivel nacional sobre la materia, es competencia directa del MINAE; la ARESEP por su parte tiene la responsabilidad de regular todos los servicios públicos en el país, incluidos aquellos sobre energía eléctrica. Además, el ICE tiene la tarea de dirigir y gestionar el subsector eléctrico dentro del esquema costarricense.

Una vez establecidos los aspectos organizativos, se inicia propiamente el funcionamiento pleno del sector eléctrico con la etapa de generación. Además de ser el génesis del sistema de energía eléctrica, es el foco de interés para este trabajo investigativo particularmente por el enfoque realizado hacia las fuentes renovables. El esquema N° 4 evidencia la participación del ICE, empresas públicas y aquellas empresas privadas amparadas por la ley 7200.

Posteriormente es importante rescatar el papel hegemónico y absoluto del ICE en cuanto a los esfuerzos de transmisión de la electricidad producida. Se trata de una responsabilidad monopólica del mantenimiento y expansión de la red a lo largo del país que procure los mejores rendimientos para así transportar la electricidad producida desde los sitios de generación, y hacia las zonas residenciales, industriales y comerciales que demandan este recurso.

Finalmente está la función distributiva dentro del sistema eléctrico nacional. Las empresas que participan de este proceso se valen de la red de transmisión del ICE recién mencionada. Esencialmente, las 8 entidades incluidas en el esquema N°4 tienen como objetivo darle el servicio directo a los consumidores finales que requieren de electricidad para sus actividades cotidianas. Se trata de dos instituciones ligadas al ICE: la CNFL y él mismo, dos empresas públicas como lo son la ESPH y JASEC, y cuatro cooperativas: Coopelesca, Coopeguanacaste, Coopesantos y Coopealfarorui. Cada una de las anteriores con un área del territorio nacional designado para brindar el servicio en cuestión (revisar el mapa N°1 y el cuadro N° 4).

Bibliografía

- Alvarado, M. (s.f.). Un Mercado Eléctrico Cerrado - El Caso Emblemático de Costa Rica. Alianza para CA. Friedrich Naumann Stiftung Für Die Freiheit, [s.f.]. Recuperado de: <https://biblioteca.ufm.edu/library/index.php/1083910>
- Autoridad Reguladora de Servicios Públicos. (2019). Tarifas Eléctricas y Paneles de Análisis. Paneles de Análisis de los Mercados Eléctricos. Recuperado de: <https://aresep.go.cr/electricidad/tarifas>
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2019). Zonas de concesión por operador eléctrico. Zonas de concesión por operador eléctrico. Recuperado de: <https://aresep.go.cr/transparencia/datos-abiertos/zonas-concesion-operador-electrico>
- Centro Nacional de Control de Energía. (s.f.). Sistema Eléctrico Nacional. Información Diaria de Generación Real de Energía. Recuperado 22 de febrero de 2021, de <https://apps.grupoice.com/CenceWeb/CencePosdespachoNacional.jsf?init=true>
- Portolés, M. (2011, 1 noviembre). El sector eléctrico en Costa Rica. Asamblea CR. <http://www.asamblea.go.cr/sd/Documents/referencia%20y%20prestamos/BOLETINES/BOLETIN%2001/publicaciones%20recomendadas/18093.%20%20EI%20sector%20el%C3%A9ctrico%20en%20Costa%20Rica.pdf>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (s.f.). Líneas de Transmisión y Campos Electromagnéticos. Líneas de Transmisión y Campos Electromagnéticos. Recuperado de: 5 de marzo de 2021, de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/19ae6b97-af0b-4505-aeb5-2e93266182d7/folletolineasdetransmisionycamposelectromagneticos.pdf?mod=ajperes&cvid=I2lltgz>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). PLANIFICACION Y DESARROLLO ELECTRICO PROCESO EXPANSION DEL SISTEMA. Grupo ICE. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/d91d6f4f-6619-4a2f-834f-6f5890eebb64/PLAN+DE+EXPANSION+DE+LA+GENERACION+2018-2034.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mleNZKV>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2020). Somos electricidad renovable y solidaria. Grupo ICE. Recuperado de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a3172c0-b703-4bbf-9d61-b363e822f1c1/Fasciculo_Electricidad_2020_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m.pLjj8
- Procuraduría General de la República. (s. f.). Ley 7508 Sistema Costarricense de Información Jurídica. SCIJ. Recuperado 22 de febrero de 2021, de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=7591&nValor3=8139&strTipM=TC
- Procuraduría General de la República. (s. f.). Ley de Participación de las Cooperativas de Electrificación Rural y de las Empresas de Servicios Públicos Municipales en el Desarrollo Nacional. SCIJ. Recuperado 1 de marzo de 2021, de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=50204&nValor3=73659¶m2=1&strTipM=TC&IResultado=1&strSim=simp
- Academia de centro América (2017). El Sector Eléctrico de Costa Rica – ICEX (Instituto español de Comercio Exterior). Recuperado de: <https://www.academiaca.or.cr/wp-content/uploads/2017/05/El-sector-eléctrico-en-Costa-Rica.pdf>
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (s. f.). Ley que Autoriza la Generación Eléctrica Autónoma o Paralela. SCIJ. Recuperado 17 de febrero de 2021, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=7591&nValor3=8139&strTipM=TC
- Manuel, J. (2014, 21 mayo). Generación eléctrica en Costa Rica. ARESEP. Recuperado de: https://www.ucr.ac.cr/medios/documentos/2014/juan_manuel_quesada.pdf

Generación Distribuida para Autoconsumo

1. Características generales, beneficios y contrapartes de la GDA

Tradicionalmente, la estructura de servicios eléctricos de Costa Rica limitó la participación de los consumidores a ser un rol meramente receptor del recurso proveniente de las empresas distribuidoras, impidiéndoles participar activamente de la producción de la energía eléctrica ya fuese para fines comerciales o de autoabastecimiento. Ahí es donde reside la importancia de la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA).

A partir del Reglamento 39220-MINAE (2015) se puede señalar que esta actividad es una oportunidad con la que los consumidores implementan fuentes renovables para generar su propia energía eléctrica a utilizar, atados a un sistema de depósito y devolución del recurso en la red de distribución nacional. De esta forma, en caso de alcanzar un nivel de producción superior al requerido por el consumidor autoabastecido, el correspondiente excedente debe ser depositado en la red de distribución. Esto funciona como un sistema de crédito en términos de electricidad, pues a futuro de no alcanzar el mínimo de generación eléctrica necesario, la red le devuelve el balance positivo para cubrir su consumo. Sin embargo, para tener acceso a esa electricidad inyectada a la red nacional, el consumidor/productor debe pagar una tarifa que le permita participar de ese servicio de “almacenamiento” que ofrece el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

¿Por qué optar por la GDA? Echevarría y Monge (2017) comentan que los beneficios y ventajas de implementar un sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo son multi-temáticos, desde una perspectiva económica, pasando por lo ambiental e impactando el ámbito social. En lo monetario, se pueden resaltar cuestiones como:

- Descentralización del sistema de generación de energía, de forma que al disminuir su demanda, la vida útil del capital instalado se extiende.
- Los riesgos financieros son redistribuidos ya que la empresa distribuidora o generadora no los debe asumir.
- Los equipos requeridos para la GDA supera fácilmente las limitaciones espaciales y por lo tanto amplía sus capacidades.
- Reducción de costos y control de pérdidas producto del “efecto Joule” gracias a innovaciones de carácter técnico.
- Posibilita independencia energética respecto a la red productora, de lo que deriva una mitigación de pérdidas del servicio.

Por otro lado, desde una mirada ecológica, es importante señalar que la GDA contribuye con las acciones ambientalistas ya que contrarresta los perjuicios tradicionales de los sectores industriales así como las emisiones de gases contaminantes. Adicionalmente, algunas oportunidades sociales son concientización sobre la eficiencia energética, diversidad en urbanismo y acercamiento de la persona promedio a sus rendimientos de consumo energético.

No obstante, la Generación Distribuida para Autoconsumo presenta diversos cuestionamientos ya que los efectos negativos sufridos por las empresas de servicios eléctricos que inevitablemente recaen en el resto de la población que continúa afiliada a la red nacional. En este sentido, estos recambios en el sistema se introducen desde el nivel tarifario y los ingresos económicos de estas empresas. Además, como argumenta Echevarría y Monge (2017), debido al modelo volumétrico y de “servicio al costo” (implementado en Costa Rica), así como los altos costos fijos que conlleva la incapacidad de diversificación de servicios, al verse disminuida la demanda de los servicios eléctricos que ofrecen estas organizaciones producto de la GDA, las tarifas aumentan para poder cubrir los rubros de costos. Sin embargo, este sector también se ha visto amenazado por tecnologías ajenas a la GDA que promueven el ahorro y consumo consciente del recurso, en detrimento de las empresas de servicios eléctricos.

Problemática y necesidad de esta implementación

La Generación Distribuida para Autoconsumo resulta una opción de respuesta a una problemática dentro del campo de la energía eléctrica en Costa Rica. A partir del trabajo titulado “Problemática energética costarricense y cómo enfrentarla” (Mora, 2013) se deriva una combinación de situaciones que da pie a estos modelos alternativos. De esta forma, a nivel local se trata de cuestiones como aumento acelerado de la demanda por el recurso eléctrico, sus costos y precios. También, los propósitos de carbono neutralidad que se impuso el país, los cambios en el régimen de lluvias en perjuicio de la producción hidroeléctrica y la falta de inversiones nuevas en energías renovables. Adicionalmente, desde la comunidad internacional se promueven temas como cambio climático y desarrollo de tecnologías limpias, resurgimiento de tendencias petrolíferas en diversas regiones del mundo y la competitividad global que ha impulsado los ideales de sostenibilidad ambiental.

Cuadro comparativo de las modalidades

La modalidad neta sencilla es un sistema en el que el consumidor o cliente adquiere un rol de productor energético a partir de fuentes renovables de energía, con el exclusivo motivo de satisfacer sus propias necesidades por este recurso. Dentro de las opciones que tiene el consumidor-productor están:

Tabla N° 1: Comparativo de modalidades para la Generación Distribuida para Autoconsumo

Sistema de generación no interconectado a la red de distribución	Sistema de generación interconectado a la red de distribución
<p>El inmueble debe cumplir con lo establecido por el Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad N° 38440-MEIC</p> <p>El sistema no puede tener contacto con la red de distribución eléctrica</p> <p>Disponer correctamente de los residuos energéticos, como almacenamiento en baterías</p> <p>Prohibición para conectarse a la red y comercializar electricidad producida</p>	<p>Consumir al menos un 51% de lo producido</p> <p>Entregar posibles excedentes a la red de la empresa distribuidora (49% máximo)</p> <p>Consumir lo almacenado en los meses siguientes (plazo máximo de 1 año)</p> <p>Eventualmente complementar su consumo con energía de la red de la empresa distribuidora</p> <p>Pagar la tarifa “peaje” por servicios de depósito de energía excedente</p> <p>Pagar la tarifa por cada KWh recibido por un eventual consumo diferido</p> <p>Prohibición para comercializar electricidad producida</p>

Fuente: elaboración propia a partir de: ICE, Generación Distribuida

Agentes importantes en el país

Echevarría y Monge (2017) exponen una diversidad de participantes de la Generación Distribuida para Autoconsumo. Con respecto al proceso netamente relacionado con la GDA se ubican tres:

La figura del “prosumidor”. Este agente es el consumidor de energía que decide optar por convertirse en productor para abastecer sus necesidades particulares del recurso eléctrico, y que obligadamente deposita o vende su excedente a la empresa correspondiente

La empresa de servicios eléctricos que interactúa con el “prosumidor” ya sea a través de suministro energético, almacenamiento de excedentes o no exista relación mutua alguna en el momento

Entes proveedores de insumos, equipos y demás requerimientos materiales para la implementación y funcionalidad de un sistema de generación propia

Desde una perspectiva gubernamental fiscalizadora de los procesos relacionados con este modelo, los autores resaltan el rol de un “regulador tarifario y de calidad de los productos”; también la figura del Poder Ejecutivo con competencia para regular el ámbito político del sector eléctrico. En el caso específico de Costa Rica se trata de la ARESEP y el MINAE, correspondientemente.

Echevarría y Monge (2017) facilitan la demanda por el sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo para el año 2016 segmentado por compañía distribuidora:

Tabla N° 2: Demanda de la Generación Distribuida para Autoconsumo por cada empresa distribuidora (datos del 2016)

Empresa	Sistemas aprobados
CNFL	210
ICE	86
ESPH	9
JASEC	2
COOPEALFARORUIZ	3
COOPESANTOS	1
COOPEGUANACASTE	2
COOPELESCA	1
Total	314

Fuente: elaboración propia a partir de datos disponibles en: **La Generación Distribuida para Autoconsumo en Costa Rica. Oportunidades y Desafíos.**

A continuación se muestra un cuadro con los mismos datos que la tabla anterior, pero correspondientes a enero de 2021, a partir de las estadísticas del MINAE:

Tabla N° 3: Demanda de la Generación Distribuida para Autoconsumo por cada empresa distribuidora (datos del 2021)

Empresa	Sistemas aprobados
CNFL	923
ICE	349
ESPH	117
JASEC	28
COOPEALFARORUIZ	2
COOPESANTOS	17
COOPEGUANACASTE	190
COOPELESCA	65
Total	1691

Fuente: elaboración propia a partir datos de Dirección de energía, MINAE

Regulación de la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA)

Descripción legal de la regulación: ¿cómo surge el decreto?

El decreto ejecutivo N° 39220 surge como una respuesta desde la clase política para atender diversas demandas, solicitudes y apoyos que provienen desde la sociedad civil con relación a la Generación Distribuida para Autoconsumo, su acceso, regulación, funcionamiento e implementación en la red eléctrica de Costa Rica. Estos propósitos que provocan la creación de este reglamento pueden observarse desde diversos ángulos.

El decreto recién mencionado proporciona una serie de justificaciones desde un enfoque jurídico y legal que fundamentan la validez y necesidad de esta directriz. En este sentido, se hace mención de la responsabilidad que tiene la figura del Estado por procurar y preservar las condiciones de bienestar de su población (artículo 50 de la Constitución Política de Costa Rica) relacionado con un medio ambiente saludable. También se señala la competencia que otorga la Ley Orgánica del Ambiente al Estado para regular y dirigir el aprovechamiento de los recursos energéticos del país; el Ministerio de Ambiente y Energía es el ente rector para controlar estas actividades de forma que se fomente el uso de estos recursos manteniendo una relación de armonía y preservación del Medio Ambiente.

Adicionalmente el decreto N° 39220 hace alusión a diversos reglamentos y entes públicos como el Reglamento de Organización del Subsector Energía, la ARESEP, el ICE, la CNFL, la ESPH y la JASEC, que fortalecen la necesidad incluir en el marco público esta modalidad de generación de energía. Por otro lado, no se puede dejar de lado el carácter de utilidad de los recursos naturales para el crecimiento y desenvolvimiento de las sociedades, de forma que organizar su distribución y empleo resulta vital. De esta forma, y considerando todas las instancias públicas que se ven involucradas del proceso así como los beneficios que supone el uso de las

energías naturales, surge la necesidad de enmarcar legalmente este modelo que no es un servicio público pero que se relaciona directamente con el Sistema Eléctrico Nacional, para que sea accesible a los interesados y que sea una realidad para impulsar el Desarrollo Sostenible en el país.

Por otro lado, Echevarría y Monge (2017) ofrecen una vista histórica sobre la regulación de la Generación Distribuida para Autoconsumo. En efecto, el primer paso formal realizado sobre esta materia fue la Directriz N 14-MINAET de marzo del 2015. Se trató de un documento que llegó a promover y facilitar la generación del recurso eléctrico en pequeñas cantidades y escalas reducidas a partir de fuentes renovables y exclusivamente dirigida a abastecer la demanda particular; así nace la figura del “prosumidor”. Paralelamente, se le encomendó a la ARESEP el diseño de un reglamento complementario que permitiera formalizar la actividad generadora dentro del marco legal del país. Adicionalmente, se produciría la primera versión de la norma técnica “Planeación, Operación y Acceso al Sistema Eléctrico Nacional” (POASEN) (un documento destinado a regular específicamente las relaciones que se desarrollan entre el “prosumidor” y la empresa distribuidora de energía) en 2014.

Posteriormente, el dictamen C-165-2015 solicitado a la Procuraduría General de la República producto de la controversia respecto a la Modalidad Neta Sencilla (MNS) y la Modalidad Neta Completa (MNC), el MINAE se vio en la necesidad de decretar el “Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables. Modelos de Contratación Medición Neta Sencilla” N° 39220. Esto a su vez derivó en la modificación por parte de la ARESEP de la POASEN. Echevarría y Monge (2017) señalan sobre este aspecto que la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos se inclinó por dejar de lado la MNC y no incluirla dentro de sus normativas.

A su vez, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos ARESEP (2016) dictaminó la “Metodología Fijación de tarifa de acceso a las redes de distribución por parte del productor-consumidor, reforma NORMA AR-NT-POASEN, Norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM”, resolución RJD-030-2016. Este documento facilita una explicación integral sobre cómo se manejan diversos costos y tarifas inherentes a las actividades relacionadas con la Generación Distribuida para Autoconsumo. De esta forma se ahonda en la metodología para establecer el precio de liquidación de la energía entregada o venta de excedentes. También viene incluido el cargo establecido por la acción de interconexión a la red de energía nacional. Además se establece el precio que conlleva tener acceso a las redes de distribución, entre otros rubros.

Procedimiento para acceder a la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA)

Cuando un consumidor tradicional de energía eléctrica decide optar por convertirse en generador eléctrico para saciar su propia demanda debe seguir un proceso específico para solicitar su ingreso al modelo de Generación Distribuida para Autoconsumo. Al respecto el decreto ejecutivo N 39220, que establece la modalidad de medición neta sencilla, especifica los trámites necesarios.

Naturalmente, el paso inicial para integrarse a este nuevo sistema energético es solicitar disponibilidad de potencia del circuito competencia de la empresa distribuidora en cuestión. Esto está fundamentado en que cada circuito, según su naturaleza en términos de capacidad instalada, tiene una capacidad máxima de sistemas de GDA.

Después, es necesario realizar un estudio técnico para realizar la interconexión del sistema en el que se verifican las boletas del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) para que efectivamente exista coincidencia entre el plano eléctrico con lo solicitado por el consumidor/productor, así como cumplimiento de protecciones IEEE 1547 y certificación vigente del inversor bajo la norma UL 1741 completa, y demás documentos normativos y reguladores necesarios.

De aceptarse la solicitud, el proceso continúa. La empresa distribuidora reserva la capacidad aprobada para el contrato durante un plazo de tres meses a partir de la fecha de notificación. Tiempo en el que el consumidor debe instalar el sistema local de generación (es necesario aportar fechas de inicio y fin de los trabajos). En caso de ser necesario, se puede solicitar una única prórroga ante la empresa distribuidora.

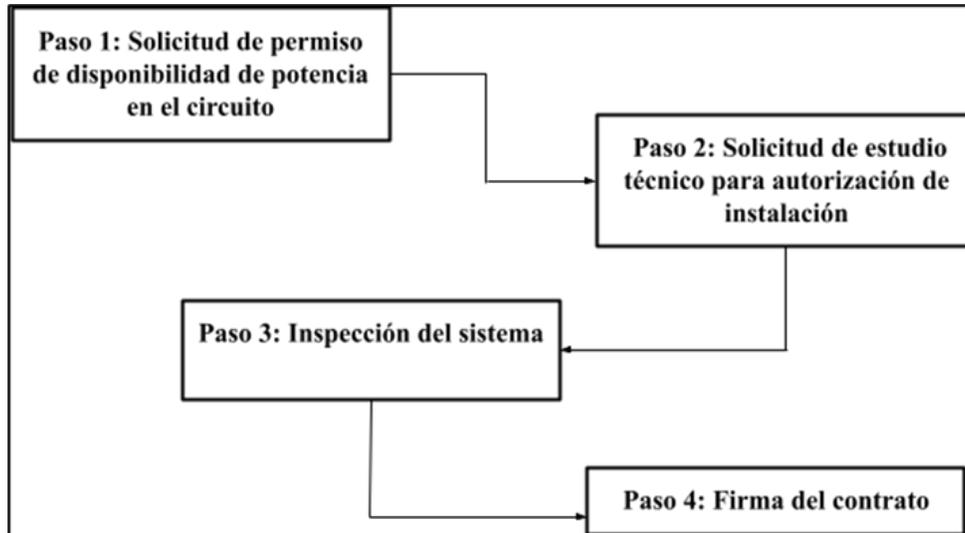
Una vez autorizada la instalación del sistema y finalizados los trabajos, es fundamental que la empresa distribuidora revise el sistema de generación distribuidora, de forma que se verifique el cumplimiento apropiado de las normativas técnicas.

Posteriormente, se debe firmar el contrato de interconexión. Se trata de un documento redactado desde el MINAE especificando el servicio de interconexión que además incluye el estudio técnico realizado anteriormente por la empresa distribuidora. Se agenda el inicio o puesta en función del servicio. Importante señalar que la vigencia jurídica del contrato de interconexión entre el “prosumidor” y

la empresa distribuidora es independiente al vínculo entre las partes por motivo de suministro eléctrico, de forma que la finalización del primero no afecta al segundo.

A continuación se presenta un diagrama con objetivo de resumir el procedimiento para acceder a la Generación Distribuida para Autoconsumo de forma visual y por lo tanto que sea más amigable para todo aquel potencial “prosumidor”:

Diagrama N° 1: Resumen procedimental para acceder a sistemas de Generación Distribuida para Autoconsumo



Fuente: elaboración propia a partir de: Guía para el proceso de solicitud instalación sistemas de Generación Distribuida Modalidad Neta Sencilla, en la red de distribución eléctrica del ICE

Procesos, costos asociados, tiempos promedios y similares

Siguiendo los lineamientos que ofrece la Guía para el proceso de solicitud instalación sistemas de Generación Distribuida Modalidad Neta Sencilla, en la red de distribución eléctrica del ICE se puede señalar algunos costos aproximados de interés relacionados con el proceso de acceso a la GDA al igual que algunos lapsos de tiempos estimados para la realización de cada etapa.

De esta forma, según el ICE, la primera etapa del proceso (entiéndase la Solicitud de permiso disponibilidad de potencia en el circuito) puede prolongarse hasta un máximo de 10 días hábiles por motivo del formulario GD01 y hasta 2 días hábiles en caso de necesitar valorar una solicitud de prórroga. Por otro lado, con relación a la etapa de solicitud de estudio técnico para autorización de instalación se maneja un aproximado de 10 días hábiles para su consecución.

Con relación a los costos globales (en colones ₡) referidos a estos primeros 2 pasos, se presenta un sistema escalonado según los niveles de producción:

- Servicios menores a 50 Kva: $90\,000 + 11\,700 \text{ (IVA)} = 101\,700$
- Servicios entre 50 Kva y 150 Kva: $175\,000 + 22\,750 \text{ (IVA)} = 197\,750$
- Servicios que sobrepasen 150 Kva: debido a la magnitud del servicio, se realiza una cotización especial para el cliente
- ***Costo adicional por paso 2: \$125 (dólares) por la verificación documental del ICE-LEE. Este es un costo externo***

Posteriormente, con relación a la inspección del sistema el ICE indica que es responsabilidad del candidato a “prosumidor” el solicitar la correspondiente revisión y evaluación del sistema con una antelación de 10 días hábiles a la programación de la cita. Más aún, en casos de tratarse de modelos mayores a los 50 Kva, se les adicionan 2 días hábiles por motivo del informe de adecuación de la red.

Siempre sobre la tercera etapa del proceso, es importante comentar que el modelo tarifario (en colones ₡) escalonado está segmentado por dos elementos:

Interconexión

- Servicios menores a 50 Kva: $80\,000 + 10\,400 \text{ (IVA)} = 90\,400$
- Servicios entre 50 Kva y 150 Kva: $130\,000 + 16\,900 \text{ (IVA)} = 146\,900$
- Servicios que sobrepasen 150 Kva: debido a la magnitud del servicio, se realiza una cotización especial para el cliente
- Habilitación del sistema de medición de facturación
- Sistemas que no requieren una medición indirecta (<50 Kva): $25\,000 + 3\,250 \text{ (IVA)} = 28\,250$
- Sistemas que requieren una medición indirecta (>50 Kva): debido a la magnitud del servicio, se realiza una cotización especial para el cliente

Costos por la etapa cuarta se encuentran incluidos en estas rúbricas recién expuestas

Con relación a la cuarta fase del proceso de acceso al sistema de GDA, su duración es la más incierta. Esto ya que la firma del contrato debe coordinarse directamente con el candidato a “prosumidor”. Además, una vez firmado el contrato, hay un lapso de 2 días hábiles para ser incluido en la base de datos y el envío de la confirmación de registro al MINAE puede extenderse hasta 8 días hábiles.

Adicionalmente, el ICE señala la existencia de una serie de costos adicionales que al ser extraordinarios (entiéndase fuera del proceso original de implementación de GDA) serán cotizados y cobrados al cliente a lo largo del proceso. Estas situaciones que se pueden presentar incluyen: visitas o inspecciones adicionales, asesorías varias, adecuaciones de la red y trabajos adicionales de instalación, entre otros. También en caso de que se lleve a cabo un traspaso del servicio de interconexión, es necesario desarrollar una inspección completa para verificar que el modelo mantiene los estándares requeridos y que no falte a la norma contractual ni regulatoria. Nuevamente, el costo de este servicio adicional es escalonado y su tarifa es en colones ₡:

- Servicios menores a 50 Kva: $80\,000 + 10\,400 \text{ (IVA)} = 90\,400$
- Servicios entre 50 Kva y 150 Kva: $130\,000 + 16\,900 \text{ (IVA)} = 146\,900$
- Servicios que sobrepasen 150 Kva: debido a la magnitud del servicio, se realiza una cotización especial para el cliente.

Respecto al registro general de sistemas de Generación Distribuida para Autoconsumo

Importante señalar que el proceso burocrático de inscripción de un nuevo sistema de esta naturaleza en el registro general es una competencia directa de la Dirección de Energía, órgano encargado de todos los procesos necesarios para este fin.

Con respecto a la inscripción per sé del nuevo sistema de generación, esta debe ser solicitada por la empresa distribuidora dentro de los ocho días siguientes a la firma del contrato de interconexión al Registro de la Generación para Autoconsumo de la Dirección de Energía. Similarmente en caso de renovación, o en contraposición a la hora de una cesión, suspensión o cancelación del vínculo contractual, la empresa distribuidora es responsable de notificar nuevamente a la Dirección de Energía dentro de los diez días posteriores.

Aspectos adicionales a poner atención

Al igual que con relación al procedimiento, el decreto ejecutivo citado anteriormente señala obligaciones y requerimientos adicionales que deben cumplirse a cabalidad para integrarse al sistema de la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA)

En ese sentido, el consumidor/productor de energía eléctrica adquiere la responsabilidad de que el sistema de generación instalado en su propiedad territorial esté en constante concordancia con la normativa técnica y demás reglamentos y el contrato de interconexión.

Así mismo, este sujeto debe de facilitarles a los agentes de la empresa distribuidora el acceso necesario, oportuno y suficiente al sistema instalado para su debida evaluación y supervisión para que se mantenga en los estándares funcionales establecidos.

Con respecto a la interrupción, suspensión y desconexión del servicio y contrato, la empresa distribuidora tiene la potestad de realizar estas acciones según lo establecido por los documentos legales ya mencionados, pero también las siguientes circunstancias:

- Mantenimiento programado o no agendado de la red primaria de distribución
- Fallas en la red primaria de distribución, producto de accionar del “prosumidor”
- Incumplimiento de condiciones y cláusulas contractuales por parte del consumidor/productor
- A solicitud de la persona o entidad productora/consumidora
- En caso de que así sea solicitado por una institución de competencia judicial
- Modificación no autorizadas en el sistema de generación

Conclusión

La generación distribuida para autoconsumo GDA representa la posibilidad de diversificar el funcionamiento de la red eléctrica nacional. Esto, al facilitar que la población participe de los procesos productivos de corriente eléctrica de forma que se pueda independizar y por lo tanto disminuir la responsabilidad de las empresas distribuidoras del sistema. Ahora bien, el consumidor que desee convertirse en prosumidor tiene dos opciones de implementación: con una interconexión a la red eléctrica nacional o una aislada completamente de esta. Estas modalidades conllevan una serie de costos e inversiones importantes para su funcionamiento.

No obstante, si por un lado la GDA representa una gran oportunidad para la población que busca ser autosuficiente, el sistema eléctrico nacional se ve perjudicado de cierta forma. Esto ya que en general dada la estructura de costos a la que están sujetas las compañías productoras y distribuidoras, la implementación de GDA implica una pérdida de consumidores y consecuentemente una necesaria alza de los precios de mercado.

Bibliografía:

- Dirección de Energía del MINAE. (2021). Estadísticas de Generación Distribuida. Recuperado de https://energia.minae.go.cr/?page_id=2068
- Echeverría, C., Monge, G. (2017). La Generación Distribuida para Autoconsumo en Costa Rica. Oportunidades y Desafíos. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Generaci%C3%B3n-distribuida-para-autoconsumo-en-Costa-Rica-Oportunidades-y-desaf%C3%ADos.pdf>
- ICE. (2020). Negocio de Distribución y Comercialización. Guía para el proceso de solicitud instalación sistemas de Generación Distribuida Modalidad Neta Sencilla, en la red de distribución eléctrica del ICE. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/4cc0b3e7-fa48-4c7c-ac75-b112d4ae9448/Gui%CC%81a+de+Interconexio%CC%81n+Generacio%CC%81n+Distribuida.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nhQqUPi>
- Reglamento generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación medición neta sencilla, N 39220-MINAE. (2015). Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80310&nValor3=101897&strTipM=TC
- Metodología Fijación de tarifa de acceso a las redes de distribución por parte del productor-consumidor, reforma NORMA AR-NT-POASEN, Norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM, Resolución RJD-030-2016-ARESEP. (2016). Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=81121&nValor3=103327&strTipM=TC
- Mora, E. (2013). Problemática energética costarricense y cómo enfrentarla. AMBIENTICO. Revista mensual sobre la actualidad ambiental, 1409-214X, 2-64. Recuperado de <http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientico/237.pdf>

Subutilización energética en Costa Rica

Costa Rica se ha posicionado internacionalmente por su capacidad de generación eléctrica a partir de fuentes renovables. Esto ha permitido cubrir la demanda energética de los diversos sectores productivos, comerciales y residenciales del país. No obstante, persiste una cuestión a desvelar. ¿Qué pasa con la energía producida nacionalmente que no es utilizada? Dados los niveles de capital instalados en el territorio, la electricidad producida en Costa Rica es superior a la demanda localmente, de forma que se genera un excedente de este recurso y por lo tanto una subutilización energética. Esto sugiere la necesidad de diversificar los sobrantes para que no sean desperdiciados o que se mantengan ociosos. Este trabajo ahonda sobre este aspecto, específicamente el caso costarricense. ¿Cómo funciona la subutilización energética en Costa Rica?

Metodología del manejo de los excedentes energéticos en Costa Rica

Anteriormente, se apuntó la recurrente situación de que las capacidades instaladas para generación de electricidad a nivel nacional generan mayores cantidades de este recurso del que se demanda. Estos casos se pueden presentar tanto en las empresas generadoras y distribuidoras tales como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y sus similares, y los consumidores que implementan modelos de producción para satisfacer su propia demanda por medio de la metodología de Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA). A su vez, los “prosumidores” que utilizan la GDA están sujetos a sus respectivas empresas de distribución y el ICE. Esto lo evidencia ICE (2016) al explicar que esta institución adquiere los excedentes de energía por parte de los cogeneradores, una vez que estos hayan satisfecho su demanda particular. En este mismo sentido, ICE (2021) comenta que estos generadores privados, amparados en la Ley 7200, deben vender sus restantes de corriente eléctrica al ICE según lo establecido por el contrato que vincula ambas partes. No obstante, Rojas (2015) a través de la Procuraduría General de la República se limita a comentar que esta relación de compraventa se desarrolla entre el “prosumidor” y la respectiva empresa distribuidora, dejando claro que no es exclusivamente con el ICE, sino que puede participar el resto de las compañías distribuidoras.

Ahora bien, una buena parte de la corriente eléctrica sobrante acumulado suele adoptar una condición ociosa y por lo tanto se está subutilizado. Al respecto la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) tomó la disposición de exigirle al ICE alguna medida para disponer de estos restantes. Así, ARESEP (2021) señala que hace varios años le exigió al ICE plantear un plan de colocación de excedentes de electricidad en el MER, de forma que se optimice la electricidad producida localmente. La Autoridad tomó esta iniciativa en cuanto la considera una gran oportunidad para Costa Rica de beneficiarse de poder aprovechar los mecanismos ofrecidos por el Mercado Eléctrico Regional (MER) para importar y exportar corriente eléctrica según las condiciones particulares del momento para atender de la mejor manera la demanda nacional al menor costo posible.

¿Qué es el Mercado Eléctrico Regional (MER)? Hernández (2014) señala que el MER emerge de la firma por parte de los 6 países centroamericanos (entiéndase Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central en 1996. El autor continúa comentando que el objetivo principal de esta instancia regional es “Creación y crecimiento gradual de un mercado regional de electricidad competitivo basado en el trato recíproco y no discriminatorio, que contribuya al desarrollo sostenible de la región con respeto y protección al medio ambiente” (Hernández, 2014, p.6). Aunado a esto, la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE) explica que existe una normativa ratificada por todos los integrantes en el año 2000, la cual establece el MER como un séptimo mercado de carácter superior al de los seis pertenecientes a estos países, con un reglamento regional.

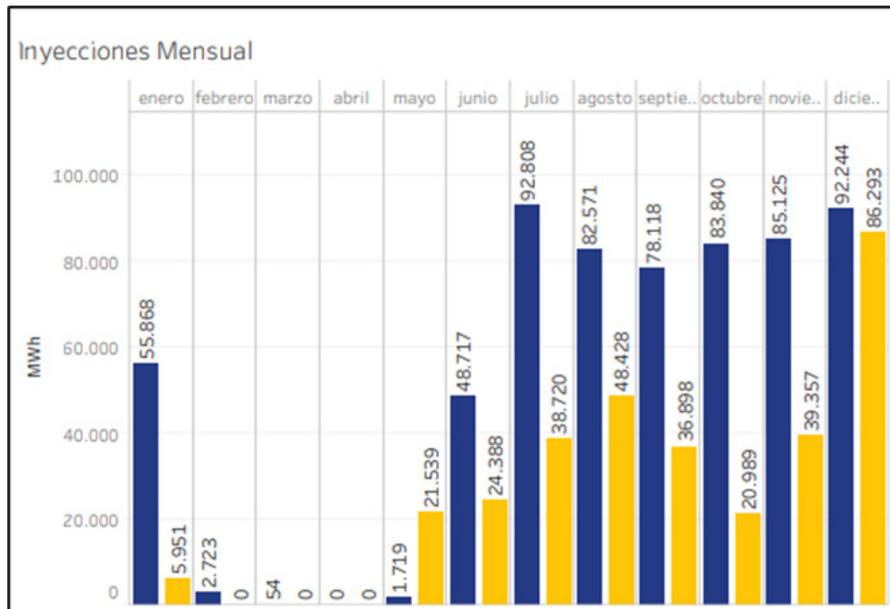
Sobre este tema, la Dirección Corporativa de Electricidad del ICE, en su trabajo titulado “Plan de expansión de la generación eléctrica 2018-2034” agrega que en el MER existe una relación de convivencia entre los mercados internos de estos países sobre una base de respeto por sus respectivas autonomías. Por otro lado, si bien el MER es un sitio de compra y venta de excedentes energéticos a modo de complemento de los sistemas eléctricos nacionales participantes, la Dirección Corporativa de Electricidad del ICE (2019, p. 10) indica que no se puede obviar que: “Las regulaciones de los Estados Centroamericanos están orientadas a satisfacer de manera prioritaria las necesidades nacionales. La generación de cada país está destinada prioritariamente a cubrir la demanda interna (...)”.

Aterrizando este tema al caso de Costa Rica, la participación en el MER “(...) es una oportunidad para el país que le permite aprovechar energía disponible en la región, a fin de solventar faltantes nacionales o reducir la generación de mayor costo” (MINAE, 2015, p. 52), y además poner a la venta la sobre producción para poder utilizar los ingresos en mejorar los marcos tarifarios del país. Adicionalmente, es importante apuntar que el ICE es la única institución costarricense con la capacidad de interactuar en el MER, de forma que resulta necesario edificar una estrategia de negocios integral que resulte beneficiosa para el país.

El Instituto Costarricense de Electricidad, consecuentemente, ha realizado venta de electricidad dentro del marco del Mercado Eléctrico Regional. Garza (2018), en su trabajo para el periódico La República, señaló que el ICE había tenido ganancias de \$410 millones (dólares) hasta ese año, a través de dos estrategias. Por un lado, se colocó el equivalente a \$162 millones del excedente energético en varios países de la zona. Adicionalmente, se compró 1 601 gigavatios hora (\$222 millones) que de haberlos producido localmente, hubiese significado un gasto de \$470 millones. Por otro lado, Madrigal (2020) publicó una nota en Delfino+ titulada “Importación y exportación de electricidad durante 2019 impactará positivamente las tarifas”. Señala que dadas las transacciones realizadas durante ese año, se logró ahorrar \$47,68 millones que hubiesen sido necesarios de haber recurrido a las plantas de generación térmica en el país. Aunado a eso, en el 2019 se logró la mayor venta de electricidad del quinquenio que transcurría al obtener ingresos por \$16,7 millones, dinero destinado al rubro de Costo Variable de Generación (CVG) con lo que se redujeron las tarifas nacionales.

A continuación, se presenta una comparación de los datos de las inyecciones mensuales realizadas por Costa Rica al MER en Megawatts por hora (MWh) durante los años 2019 y 2020.

Gráfico N° 1: Inyecciones mensuales realizadas por Costa Rica en el MER entre el 2019 y 2020



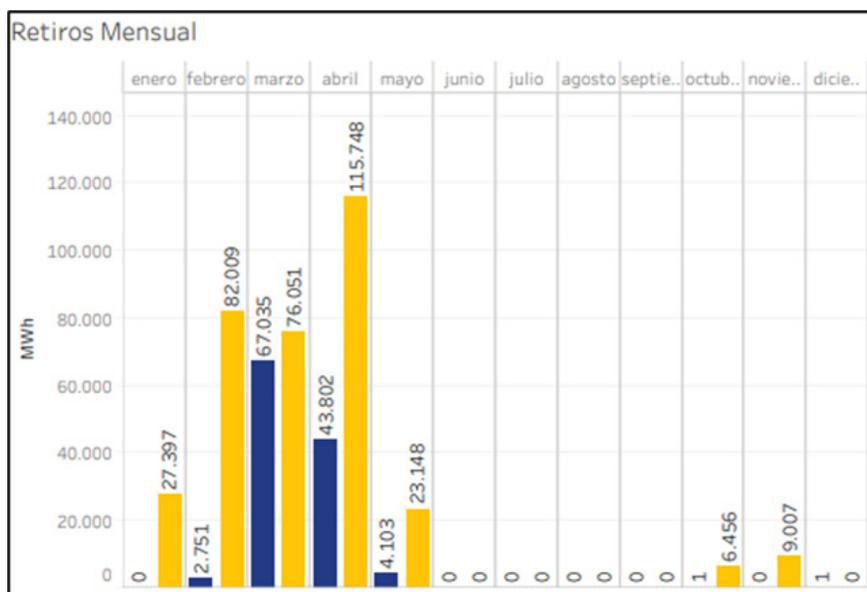
Fuente: Ente Operador Regional del Mercado Eléctrico de Centro América (EOR)

Nota: Los datos en color azul corresponden al año 2020 y aquellos en color amarillo representan el año 2019.

Del gráfico anterior, se puede observar un crecimiento relativamente estable de las inyecciones mensuales realizadas en el 2020, especialmente a partir del mes de mayo (1719 MWh) y hasta diciembre de ese año (92 244 MWh). Por otro lado, los datos correspondientes al 2019 muestran un ritmo de inyecciones mensuales marcadamente fluctuante entre mayo (21 539 MWh) y diciembre (86 293 MWh), y alcanzó su punto más bajo en octubre de ese año cuando se registró 20 989 MWh. Tomando en cuenta estos datos, y lo señalado anteriormente sobre la responsabilidad prioritaria del Estado por atender la demanda local antes de ir a comercializar en el MER, se evidencia que, por un lado, a partir del mes de mayo el país presenta un gran excedente de producción energética (época lluviosa con la que los caudales aumenta y la capacidad instalada supera la necesidad local). Por otro lado, queda claro que el capital instalado a nivel nacional mantuvo un mayor y mejor rendimiento durante el 2020 que lo registrado en el 2019.

Ahora bien, a continuación, se presenta una comparación de los datos de los retiros mensuales realizados por Costa Rica del MER en Megawatts por hora (MWh) durante los años 2019 y 2020.

Gráfico N° 2: Retiros mensuales realizadas por Costa Rica del MER entre el 2019 y 2020



Fuente: Ente Operador Regional del Mercado Eléctrico de Centro América (EOR)

Nota: Los datos en color azul corresponden al año 2020 y aquellos en color amarillo representan el año 2019.

De la información presentada por este otro gráfico también se puede hacer observaciones importantes. En primer lugar, se vislumbran rendimientos distintos sobre este rubro entre los dos años. El 2019 mantuvo márgenes volátiles en cuanto a las cantidades retiradas mensualmente (importación de electricidad). El 2020, por su parte, se caracterizó por una relativa linealidad en las compras de electricidad. En segundo lugar, ambos periodos temporales evidencian una concentración de los retiros mensuales entre enero y mayo, principalmente. Esto habla nuevamente de las temporadas de lluvia en el país y la dependencia mayoritariamente de la generación hidroeléctrica. De enero a mayo las precipitaciones suelen escasear de modo que la producción de energía eléctrica se desploma significativamente. No obstante, también se puede observar una diferencia importante. Mientras que en el 2019 el máximo de energía comprada fue de 115 748 MWh, en el 2020 la necesidad de importar el recurso nada más creció hasta los 67035 MWh. Queda claro la innovación en la capacidad instalada y la tecnología utilizada, pues esto no ha permitido diversificar la generación renovable de energía en el país.

Finalmente, no se puede dejar de anotar una comparación nominal y porcentual de los rendimientos anuales de los rubros anteriores. La EOR (2021) comenta que, en término de inyecciones anuales, Costa Rica obtuvo un incremento de 93.38%, al pasar de 322.563,10 MWh (2019) a 623.787,70 MWh (2020). También, en el campo de los retiros anuales, 339.816,38 MWh fueron comprados en 2019 y 117.692,61 MWh en 2020. Esto representa una disminución de la necesidad del MER para abastecer el mercado local al menor costo de -65,37%. Estos datos que fortalecen la evidencia de que la matriz eléctrica de Costa Rica cada vez alcanza mejores resultados.

Plantas cerradas en años anteriores. (Por reducción de las licitaciones de producción)

Otro escenario presente en la matriz eléctrica de Costa Rica en torno a la sub-utilización energética es el de cierre de plantas por motivos de licitación productiva. Particularmente, la cantidad de capital instalado en el país que se desperdicia cada año representa una gran oportunidad desaprovechada para continuar en la senda de sostenibilidad ambiental que pretende sostener el Estado frente al resto de la comunidad internacional.

El Centro Nacional de Control de Energía (CENCE) provee un control anual sobre la participación de plantas, propiedad privada, que han sido partícipes de la producción eléctrica nacional. Los datos permiten ver la evolución del número de complejos activos por tipo de metodología utilizada. La tabla N° 1 provee la información correspondiente a la producción eléctrica a partir de plantas hidroeléctricas.

Tabla N° 1: Evolución absoluta de la participación privada en la generación hidroeléctrica de Costa Rica entre el 2011 y el 2020

AÑO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HIDRO	La Lucha	La Lucha	La Lucha	La Lucha	Tapezco	Tapezco	Tapezco	Tapezco	Tapezco	Tapezco
	Tapezco	Tapezco	Tapezco	Tapezco	Vara Blanca	Vara Blanca	Vara Blanca	Vara Blanca	Vara Blanca	Vara Blanca
	Caño Grande	Vara Blanca	Vara Blanca	Vara Blanca	El Angel	El Angel	El Angel	El Angel	El Angel	El Angel
	Santa Rufina	El Angel	El Angel	El Angel	Caño Grande	El Angel Ampliación				
	La Rebeca	Caño Grande	Caño Grande	Caño Grande	Santa Rufina	Caño Grande				
	Platanar	Santa Rufina	Santa Rufina	Santa Rufina	La Rebeca	Santa Rufina				
	Zuerkata	La Rebeca	La Rebeca	La Rebeca	Platanar	La Rebeca				
	Hidrozarcas	Platanar	Platanar	Platanar	Zuerkata	Platanar	Platanar	Platanar	Platanar	Platanar
	Don Pedro	Zuerkata	Zuerkata	Zuerkata	Hidrozarcas	Zuerkata	Zuerkata	Zuerkata	Zuerkata	Zuerkata
	Poás I y II	Hidrozarcas	Hidrozarcas	Hidrozarcas	Don Pedro	Hidrozarcas	Don Pedro	Don Pedro	Don Pedro	Don Pedro
	Matamoros	Don Pedro	Don Pedro	Don Pedro	Poás I y II	Don Pedro	Poás I y II			
	Río Lajas	Poás I y II	Poás I y II	Poás I y II	Matamoros	Poás I y II	Matamoros	Matamoros	Matamoros	Matamoros
	El Embalse	Matamoros	Matamoros	Matamoros	Río Lajas	Matamoros	Río Lajas	Río Lajas	Río Lajas	Río Lajas
	Volcán	Río Lajas	Río Lajas	Río Lajas	El Embalse	Río Lajas	El Embalse	El Embalse	El Embalse	El Embalse
	Río Segundo II	El Embalse	El Embalse	El Embalse	Volcán	El Embalse	Volcán	Volcán	Volcán	Volcán
	Quebrada Azul	Volcán	Volcán	Volcán	Río Segundo II	Volcán	Río Segundo II	Río Segundo II	Río Segundo II	Río Segundo II
	Doña Julia	Río Segundo II	Río Segundo II	Río Segundo II	Doña Julia	Río Segundo II	Doña Julia	Doña Julia	Doña Julia	Doña Julia
	Caño Grande III	Quebrada Azul	Quebrada Azul	Quebrada Azul	Caño Grande III	Doña Julia	Caño Grande III	Caño Grande III	Caño Grande III	Caño Grande III
	La Esperanza	Doña Julia	Doña Julia	Doña Julia	La Esperanza	Caño Grande III				
		La Esperanza	La Esperanza	La Esperanza	La Esperanza					
total	19 plantas	21 plantas	21 plantas	21 plantas	19 plantas	19 plantas	18 plantas	18 plantas	18 plantas	18 plantas

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro Nacional de Control de Energía (CENCE)

La información anual presentada en la tabla anterior evidencia una tendencia marcada hacia la disminución de la participación de actores privados en la generación de electricidad limpia a través de la metodología predominante en el país. En primer lugar, se puede observar un incremento en la participación entre los años de 2011 y 2012 de 2 plantas productoras. Esto se mantuvo constante por tres años. No obstante, a partir del 2015 se percibe una menor cantidad de generadores privados participando de la producción. En ese año se perdió la mejoría obtenida en el 2012 al regresar a las 19 plantas iniciales. Posteriormente volvió a disminuir a 18 en el 2017. Ahora bien, lo más preocupante de esto es que desde el 2017 y hasta el 2020 no se ha logrado volver a incrementar la cantidad nominal, hecho que lastima y vulnera las acciones por limpiar el sistema eléctrico nacional, de la mano de una democratización de la producción.

Por otro lado, la tabla N° 2 presenta la misma información, pero enfocada en otras metodologías de generación eléctrica. Esencialmente, a través del Bagazo y la tecnología eólica.

Tabla N° 2: Evolución absoluta de la participación privada en la generación eólica y por medio de Bagazo en Costa Rica entre el 2011 y el 2020

AÑO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
EÓLICO	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía	Aeroenergía
	PESA (Tilarán)	PESA (Tilarán)	PESA (Tilarán)	PESA (Tilarán)	PESA (Tilarán)	PESA (Tilarán)				
	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA	MOVASA
					Vientos del Este					
					Tilawind	Tilawind	Tilawind	Tilawind	Tilawind	Tilawind
					PE Mogote					
					Altamira	Altamira	Altamira	Altamira	Altamira	Altamira
					Campos Azules					
					Vientos de la Perla					
					Vientos de Miramar					
total	3 plantas	3 plantas	3 plantas	3 plantas	5 plantas	8 plantas	10 plantas	10 plantas	10 plantas	10 plantas
AÑO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BAGAZO	Ingenio Taboga	Ingenio Taboga	Ingenio Taboga	Ingenio Taboga	Ingenio Taboga	Ingenio Taboga				
	Ingenio El Viejo	Ingenio El Viejo	Ingenio El Viejo	Ingenio El Viejo	Ingenio El Viejo	Ingenio El Viejo				
total	2 plantas	2 plantas	2 plantas	2 plantas	2 plantas	2 plantas				

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro Nacional de Control de Energía (CENCE)

Por otro lado, la generación eólica ha presentado una tendencia muy positiva a lo largo de los años. Esto ya que se evidencia un incremento sostenido de la participación privada en el tiempo. Si bien es cierto que entre 2011 y el 2014 se sostuvo una limitada cantidad de complejos eólicos (3). Empero el 2015 representó un punto de inflexión sobre la materia al dar inicio al aumento de los actores

privados que se incorporaron a este campo: en ese año se incluyeron dos plantas, en el 2016 tres actores adicionales, y en 2017 dos adicionales (número que se mantuvo hasta el 2020). Lo anterior evidencia una buena evolución que debe sostenerse hacia el futuro. Con respecto a la tecnología de bagazo no se percibe ni avances ni retrocesos en torno a la participación de actores privados. Esto ya que a lo largo de los años estudiados no hubo cambios en la cantidad de plantas particulares involucradas en esa actividad.

Sector Privado de manos atadas: decisión del ICE por no renovar contratos y la incapacidad de exportar excedentes

Costa Rica se ha posicionado en el escenario internacional como un país de vanguardia en la generación de electricidad a partir de fuentes renovables. Como apunta Lara y Vizcaíno (2020), la matriz eléctrica nacional contempla una capacidad instalada de 3566 Megavatios MW. Esta, a su vez, se divide en 68% (2437 MW) administrados directamente por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), dejando el resto en manos de cooperativas de distribución y empresas privadas particulares que representan un alto grado de participación en el sistema eléctrico del país.

Al haber considerado la distribución de las actividades de generación del recurso que tienen estos tres grupos, es fundamental ahondar en la estrecha relación de dependencia que existe desde los generadores particulares y hacia el ICE. Ya se apuntó en secciones previas de este trabajo el rol que juega la Ley 7200 “Ley que Autoriza la Generación Eléctrica Autónoma o Paralela”. Esta norma apunta en su artículo 3 el carácter de interés público la compra por parte del ICE de la electricidad producida por cooperativas y empresas privadas, cuyo capital social pertenezca al menos en un 35% a costarricenses. En este sentido, su artículo 13 expone que “El Instituto Costarricense de Electricidad estará facultado para suscribir contratos destinados a la compra de energía eléctrica, como parte de su actividad ordinaria”. Además, el artículo siguiente (el 14) habla de la metodología de cambio de tarifas y precios que puede solicitar el ICE. Señala que esta institución puede presentar estas solicitudes siempre y cuando vayan en pro del bienestar de los consumidores y de la economía nacional, y que este proceso se haría con base en datos como variación de costos, tales como la devaluación monetaria, la inflación local, entre otros. Por otro lado, en el artículo 20 de dicha norma se indica que “Se autoriza al ICE para comprar energía eléctrica proveniente de centrales eléctricas de propiedad privada, hasta por un quince por ciento (15%) adicional al límite indicado en el artículo 7 de esta Ley”. Todo lo anterior converge en lo que apunta Lara (2021) sobre la imposibilidad de los agentes privados de generación eléctrica para vender su producción a terceros, dentro y fuera de las fronteras nacionales, pues el ICE es su único comprador autorizado y a quien le corresponde administrar los contratos que vinculan a las partes.

En tiempos recientes, ha surgido información sobre determinaciones que ha tomado el ICE sobre no renovar el contrato de compraventa a diversos actores particulares debido a los impactos en la demanda que han derivado del contexto actual. Sánchez (2021) señala que este ente público argumenta que se trata de una combinación de factores. Por un lado, la actividad económica nacional se vio mermada en el 2020 producto de los efectos de la pandemia, situación que pronosticaron se extendería durante el año 2021. Adicionalmente, exponen que la demanda nacional por corriente eléctrica disminuyó en 3%, situación que podría tener efectos en el largo plazo. De forma que la discontinuación de los contratos en cuestión se debe a su “objetivo de garantizar el abastecimiento eléctrico de todos los habitantes y al costo más económico” (ICE en Sánchez, 2021).

El impacto más inmediato de esta decisión se presenta en siete plantas ubicadas en diversos sitios del territorio nacional. “Se trata de instalaciones valoradas en \$47 millones, las cuales quedarían sin uso por la decisión del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) de no comprarles más su electricidad” (Lara, 2021), las cuales incluyen las hidroeléctricas Poás I y II, ubicadas en la provincia de Alajuela, La Planta Eólica Sociedad Anónima (PESA) que radica en Tilarán de Guanacaste (las anteriores finalizaron contrato en el 2020). Adicionalmente, para el 2021 se identifican otros cierres importantes como las hidroeléctricas Don Pedro y Volcán ubicadas en San Miguel de Sarapiquí y Poás respectivamente. Las hidroeléctricas Río Segundo II y El Ángel I también finalizan contrato en 2021.

A continuación, se presenta una lista de contratos entre el ICE y agentes privados (o cogeneradores) que tiene fecha de terminación entre el 2020 y el 2035:

Tabla N° 3: Contratos de generación eléctrica entre el ICE y actores privados que vencen entre el 2020 y el 2035

Proyecto	Recurso	Empresa	Fecha de vencimiento de contrato
Planta Eólica Tilarán	Eólico	Plantas Eólicas S.R.L	2020
Plantas Hidroeléctricas Poás I y II	Hidroeléctrico	Poás Energía S.A	2020
Planta Hidroeléctrica Río Volcán	Hidroeléctrico	P.H. Río Volcán S.A	2020
Planta Hidroeléctrica Don Pedro	Hidroeléctrico	P.H. Don Pedro S.A	2020
El Ángel	Hidroeléctrico	El Ángel	19/11/2021
Platanar	Hidroeléctrico	Hidroeléctrica Platanar S.A	7/8/2021
Río Segundo II	Hidroeléctrico	Toro Energía S.A.	30/5/2021
El Embalse	Hidroeléctrico	El Embalse, S.A.	28/11/2022
Santa Rufina	Hidroeléctrico	Peters S.A	7/5/2022
Tapezco Planta Eléctrica	Hidroeléctrico	Tapezco Ltda.	31/12/2022
Doña Julia	Hidroeléctrico	Cía. Hidroeléctrica Doña Julia S.R.L.	19/12/2023
Matamoros	Hidroeléctrico	Eléctrica Matamoros S.A.	6/6/2023
Río Lajas	Hidroeléctrico	Hidroeléctrica Río Lajas S.A.	24/4/2024
Caño Grande III	Hidroeléctrico	Hidrovenecia S.A.	11/12/2025
Tierras Morenas	Eólico	Molinos De Viento Del Arenal S.A	26/3/2025
Aeroenergía	Eólico	Aeroenergía S.A.	12/2/2026
Caño Grande III	Hidroeléctrico	Hidroeléctrica Caño Grande S.A.	1/12/2026
El viejo	Biomasa	Azucarera El Viejo S.A	21/1/2026
LaRebeca	Hidroeléctrico	LaRebecadeLaMarina	28/10/2026
Taboga	Biomasa	Ingenio Taboga S.A	23/9/2026
Tilawind	Eólico	Tilawind Corporation S.A	28/4/2028
Vientos del Este	Eólico	Aeroenergía S.A.	7/12/2031
Suerkata	Hidroeléctrico	Suerkata S.R.L.	27/7/2031
Mogote	Eólico	Fila de Mogote DCR S.R.L.	23/5/2032
Vara Blanca	Hidroeléctrico	Central Hidroeléctrica Vara Blanca S.	29/5/2032
Altamira	Eólico	Inversiones Eólicas Guanacaste S.A.	23/10/2034
Campos Azules	Eólico	Inversiones Eólicas Campos Azules S.	15/5/2034
Vientos de la Perla	Eólico	Vientos del Volcán S.A.	4/9/2034
Vientos de Miramar	Eólico	Costa Rica Energy Holding S.A.	28/8/2034
El Ángel Ampliación	Hidroeléctrico	El Ángel S.A.	5/3/2035

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Gerencia de Electricidad del ICE

De la tabla anterior es importante rescatar que además de los contratos recién mencionados, trece relaciones contractuales tienen fijado su vencimiento para dentro de los próximos 5 años (periodo que van de 2022-2026), de forma que podrían verse afectados los dueños correspondientes de no lograrse una recuperación económica que incline al Instituto Costarricense de Electricidad a no renovar contratos de compraventa de electricidad con estos agentes.

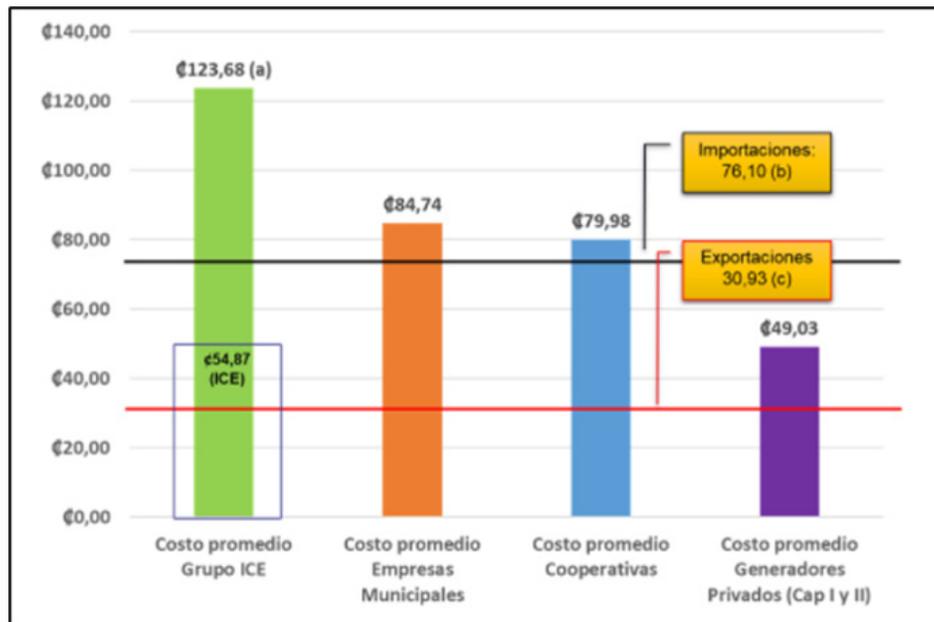
La reacción del sector privado no se ha hecho esperar a través de su representación formal, la ACOPE. La Asociación Costarricense de Productores de Energía (ACOPE) surgió en la década de 1990 como una agrupación sin fines lucrativos compuesta por personas costarricenses involucradas en el campo de la energía renovable. ACOPE (2021) señala que esta asociación engloba a la gran mayoría de productores privados que se amparan en la Ley 7200. Al crearse esta figura, se logró condensar los intereses de sus miembros y generar el músculo necesario para interceder ante las instituciones nacionales en nombre de sus representados (26 afiliados hasta el momento). Dentro de sus funciones y propósitos principales ACOPE (2021) rescata el fomento de la capacidad del país para producir energía, en especial eléctrica, promoción de las capacidades del sector privado en este campo, particularmente con fuentes renovables, contribución del desarrollo económico, ambiental y social del país y defender los principios de libertad y democracia consagrados en la Constitución Política, entre otros.

La ACOPE le envió una carta en marzo de 2021 al presidente de la república Carlos Alvarado, donde exponen su reiterada preocupación y solicitan la intervención del poder ejecutivo en la adopción de soluciones para el tema del cese de contratos entre el ICE y los cogeneradores del sector privado. En términos generales, el sector privado aboga por una mayor y mejor seguridad jurídica que le otorga continuidad y fluidez a la participación de los productores particulares que disuelva la estricta y exclusiva relación de compraventa a la que se someten estos agentes. En particular, ACOPE (2021) rescata el ofrecimiento por parte del Ministerio de Comunicación de impulsar un proyecto de ley que les otorgara más libertades. No obstante, comenta que este no es estrictamente necesario “(...) pues ya existe uno que fue presentado bajo el expediente 21606, y que habilitaría a los generadores privados a exportar energía” (ACOPE, 2021). En consecuencia, la organización ha propuesto medidas alternas como la implementación del ICE como figura intermediaria entre los cogeneradores y el mercado exterior para que así no sea necesario la intervención de la Asamblea Legislativa, y por lo tanto agilizar los procesos.

Por otro lado, la ACOPE (2021) llama la atención del Gobierno hacia los compromisos adquiridos con los esfuerzos históricos en pro de la descarbonización de la economía y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esto dada la determinación del ICE que avanza en contra de esta visión global. “Apagar plantas de energía renovable y con precios competitivos, para producir energía de fuentes térmicas o importar energía eléctrica, no solo es contrario a la decisión de su mandato de reactivar la economía, sino de avanzar hacia la descarbonización” (ACOPE, 2021).

Aunado a lo anterior, la ACOPE hace alusión al informe de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) sobre costos de producción de energía por operador, donde se evidencia la competitividad de los generadores privados, y por lo tanto lo ventajoso que resultaría recurrir a ellos para abastecer la demanda nacional, disminuyendo así las tarifas, con lo que se beneficiaría a la población y se incentivaría la reactivación económica. A continuación se presenta un gráfico que ilustra los hallazgos del informe de la ARESEP recién citado:

Gráfico N° 3: Costo promedio de la generación de los distintos grupos de generadores en relación las exportaciones e importaciones de energía del país



Fuente: ARESEP, informe IN-0021-IE-2021 “Sector eléctrico costarricense: Costos por planta del sistema de generación pública y privada para el año 2019”.

De este gráfico se rescata una importante variación en los costos promedio de generación eléctrica de los distintos actores de la matriz eléctrica nacional. En este caso, se puede observar que el mayor costo lo presenta el Grupo ICE con €124 (colones) aproximadamente por cada Kilowatt/ hora (KWh), seguido por las empresas municipales con un rubro de €85 aproximadamente por KWh . Los costos promedio más bajos los mantienen las cooperativas y los generadores privados, quienes sostienen cerca de €80 por KWh y €50 por KWh respectivamente. Lo anterior refleja lo llamativo y conveniente que resultaría involucrar de mayor manera al sector privado en el abastecimiento de la demanda nacional, y en todo caso agilizar la vía para permitir una plena exportación de su producción.

Sobrantes de la generación distribuida (caso del estadio de la liga)

Una de las alternativas que presenta el sistema eléctrico costarricense es la producción de energía para autoconsumo por medio de la denominada generación distribuida. En esta, se espera que el consumidor tenga la posibilidad de producir su propia energía (Grupo ICE, 2021), mas –ante la ausencia de un mercado eléctrico no monopolístico– la venta de cualquier sobrante producido en este resulta inasequible. Empero, como bien menciona Madrigal (2020), este sobrante puede ser inyectado a la red eléctrica nacional para que después funja como un saldo que podrá utilizar en cualquier ocasión.

A este método han recurrido diversos entes empresariales e individuales, aunque los primeros son los que más lo frecuentan pues estos observan mayores beneficios. Tal es el caso del Estadio Alejandro Morera Soto, el cual cuenta con 864 paneles solares desde el 2015. Estos le han permitido producir la energía que necesita para la iluminación y otros procesos, por lo que se ahorra el pago que antes debía hacerle al ICE por la electricidad. Además, dada la amortización del pago de los paneles solares, el ente ahora cuenta con un ahorro mensual de dos millones de colones, como destaca Tayver (2017). A su vez, Tayver enfatiza en que esta estrategia le aseguró la reducción de la huella de carbono en al menos 547 toneladas de CO₂ emitido al año. Este hito de infraestructura los convierte en uno de los pocos estadios latinoamericanos en producir toda su energía de forma completamente sostenible.

Otro ejemplo claro es el mostrado por Ruiz (2021), el caso de Pronainca, una de las empresas pioneras –dentro de Coopesantos– en la utilización de paneles solares para satisfacer sus necesidades energéticas. Dicha empresa procedió a implementar 21 paneles solares, una inversión de un poco más de \$12 000, para lo cual amortizó el costo de manera mensual para así facilitar su pago. Esto permitió que se redujera su costo eléctrico en sobremanera, así como se redujo el impacto ambiental de la empresa.

Asimismo, Ruiz (2021) presenta el caso de viviendas individuales que implementan paneles solares para aprovechar la idea de generación distribuida. Estas, según se presenta en el ejemplo del artículo, no tuvieron un proceso amigable para la introducción de este mecanismo –pues todo se alargó mucho más de lo deseado–, pero se muestran satisfechas ante los resultados de la inversión.

Ahora, a pesar de la aparición de un nuevo reglamento para esta generación distribuida (así como el establecimiento de un marco de referencia para el desarrollo del proceso de implantación ante las herramientas de generación energética), sigue vigente la ausencia de posibles compradores de energía sobrante de todos aquellos que procedieron a abastecerse por su cuenta, hecho que aumenta en sobremanera el costo de oportunidad de proceder a generar energía propia. Todo ello debido a que el mecanismo de generación distribuida solo permite la inyección de energía en el sistema propio del Grupo ICE y no a otras entidades. Esto denota una carencia latente en el sistema, lo cual no es más que una posible mejora a futuro.

Bibliografía

- ACOPE. (2021). Acerca de ACOPE. Recuperado de <https://acope.com/acerca-de-acope/>
- ACOPE. (2021). Productores de energía urgen intervención del Presidente para evitar más cierres de plantas. Recuperado de <https://acope.com/productores-de-energia-urgen-intervencion-del-presidente-para-evitar-mas-cierres-de-plantas/>
- ARESEP. (2021). ARESEP evidencia costos por planta de generación eléctrica del país. Recuperado de <https://aresep.go.cr/noticias/3206-aresep-evidencia-costos-por-planta-de-generacion-electrica-del-pais>
- ARESEP. (2021). ARESEP exige al ICE plan para colocar excedentes de energía. Recuperado de <https://aresep.go.cr/noticias/1044-aresep-exige-al-ice-plan-para-colocar-excedentes-de-energia>
- Centro Nacional de Control de Energía CENCE. (2020). Información técnica. Informes anuales. Recuperado de <https://apps.grupoice.com/CenceWeb/CenceDescargaArchivos.jsf?init=true&categoria=3&codigoTipoArchivo=3008>
- CRIE. (2019). MER. ¿Qué es el MER? Recuperado de <https://crie.org.gt/mer/>
- Dirección Corporativa de Electricidad del ICE. (2019). Plan de expansión de la generación eléctrica 2018-2034. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/d91d6f4f-6619-4a2f-834f-6f5890eebb64/PLAN+DE+EXPANSION+DE+LA+GENERACION+2018-2034.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mleNZKV>
- Ente Operador Regional (EOR). (2021). Dashboard Información Comercial del MER 2019-2020. Recuperado de <https://www.enteoperador.org/mer/gestion-comercial/inyecciones-retiros-y-precios-del-mer/>
- Garza, J. (2018). ICE ha ganado \$410 millones comprando y vendiendo electricidad afuera. Recuperado de <https://www.larepublica.net/noticia/ice-ha-ganado-410-millones-comprando-y-vendiendo-electricidad-afuera#:~:text=ICE%20ha%20ganado%20%24410%20millones%20comprando%20y%20vendiendo%20electricidad%20afuera,-Jeffrey%20Garza%20jeffrygarza&text=A%20partir%20de%20ese%20a%C3%B1o,El%20Salvador%2C%20Honduras%20y%20Guatemala.>
- Grupo ICE. (2021). Generación distribuida. Grupo ICE. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/proyectos-energeticos/generacion-distribuida#:~:text=Generaci%C3%B3n%20distribuida%20para%20autoconsumo%3A%20%E2%80%9CIn,dep%C3%B3sito%20y%20devoluci%C3%B3n%20de%20ene->

rg%C3%ADa%E2%80%9D.

- Hernández, G. (2014). Mercado Eléctrico Regional (MER) de América Central. Metodología de asignación y uso de la capacidad de la interconexión. Recuperado de https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-03/Mercado%20El%C3%A9ctrico%20Regional%20de%20Am%C3%A9rica%20Central_J.%20Hern%C3%A1ndez.pdf
- ICE. (2016). Estados Financieros Consolidados. 31 de diciembre del 2016 (con cifras correspondientes del 2015). Recuperado de https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/217b121e-1edd-4702-8458-45a6a27b92e4/Informe+ICE+Consolidado+2016.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-217b121e-1edd-4702-8458-45a6a27b92e4-IMoheIC
- ICE. (2021). Respuesta por parte del CENCE como Operador de Sistema y de Mercado de Costa Rica al informe “Sector Eléctrico Nacional (SEN): costos por planta de generación pública y privada para el 2019” (febrero 2021).
- Lara, J., Vizcaíno, I. (2020). ICE obliga a apagar plantas privadas de generación limpia y barata. Recuperado de <https://www.nacion.com/el-pais/servicios/ice-obliga-a-apagar-plantas-privadas-de-generacion/OU52ATW325FODOINOFNM4K>
- Lara, J. (2021). Generadores privados de electricidad reclaman voluntad política para evitar cierre de sus plantas. Recuperado de <https://www.nacion.com/el-pais/servicios/generadores-privados-de-electricidad-reclaman/H33NTC5WKVBP3O44XHYDC5SNUM/story/>
- Ley que Autoriza la Generación Eléctrica Autónoma o Paralela, N°7200. (1990). Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=7591&nValor3=8139&strTipM=TC
- Loría, N. 864 paneles solares en estadio de la Liga ahorrarán ¢80 millones anuales en electricidad. Amelia Rueda. Recuperado de <https://www.ameliarueda.com/nota/864-paneles-solares-en-estadio-de-la-liga-ahorraran-80-millones-anuales-en->
- Madrigal, L. (2020). Importación y exportación de electricidad durante 2019 impactará positivamente las tarifas. Recuperado de <https://delfino.cr/2020/01/ice-impacto-positivo-en-tarifas-electricas-por-importacion-y-exportacion-de-electricidad>
- Madrigal, M. (2020). Nuevo reglamento quitaría trabas a la generación distribuida de energía eléctrica en Costa Rica. El Financiero. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/nuevo-reglamento-quitaria-trabas-a-la-generacion/26SSZT6IZRDJTGy23G7VAQZ4LI/story/>
- MINAE. (2015). Plan Nacional de Energía 2015-2030. Recuperado de <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>
- Rojas, M. (2015). Dictamen C-165-2015 Procuraduría de la República. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/ad3986e3-00c1-4b43-8f42-b7b935e4bfc2/Dictamen+C-165-2015+Procuradur%C3%ADa+de+la+Rep%C3%BAblica.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lfSv8cz>
- Ruiz, F. (2021). ¿Desea entrar en la generación distribuida? Aquí le contamos cómo. El Financiero. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/desea-entrar-en-la-generacion-distribuida-aqui-le/XFXWJXXMWJC6DIPNZOO3MPOV4Q/story/>
- Sánchez, P. (2021). Productores de renovables de Costa Rica urgen intervención del presidente para evitar cierres de más plantas. Recuperado de <https://www.pv-magazine-latam.com/2021/03/19/productores-de-renovables-de-costa-rica-urgen-intervencion-del-presidente-para-evitar-cierres-de-mas-plantas/>
- Tayver, F. (2017). Alajuelense es el único club en aprovechar el sol como fuente de energía. Grupo Nación Recuperado de <https://www.nacion.com/puro-deporte/futbol-nacional/alajuelense-es-el-unico-club-en-aprovechar-el-sol-como-fuente-de-energia/37VY5UIPSBHxHGO7ZGZIB42AYA/story/>

INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 2

El segundo capítulo de esta investigación tiene como objetivo ilustrar el mundo de las criptomonedas. Antes de introducir dicho documento, es importante hacer la aclaración de que el nombre empleado en muchas ocasiones en esta investigación (criptomoneda) no se realiza con el afán de darle la potestad de moneda a esta tecnología. Los investigadores, desde su formación -mayoritariamente económica- son conscientes que dichas monedas no cumplen con los criterios básicos para que estas sean consideradas monedas, divisas o dinero. No obstante, la utilización de dicho nombre se realiza a razón de una concepción común que se ha generado para referirse a esta tecnología, la cuál si se está de acuerdo con que representa un activo o cuasi dinero con gran potencial en los mercados financieros.

Habiendo aclarado esto, el presente capítulo plantea generar un marco conceptual en el mundo de las criptomonedas, y, posteriormente, en el mundo de la criptominería.

Si ya las criptomonedas siguen siendo una tecnología sumamente desconocida en el groso de la población, aún más lo es el mundo de la criptominería, el cual apunta a ser una industria creciente y sumamente rentable, debido a que es la actividad encargada de los procesos de verificación de las transacciones realizadas sobre las criptomonedas (a lo largo del presente capítulo quedará mucho más claro estos tópicos).

El capítulo propone describir ampliamente estos conceptos no solo para el conocimiento general, sino para posteriormente mostrar el potencial vínculo de estas tecnologías financieras con la matriz eléctrica costarricense.

Para ello, se generan cuatro documentos. En el primero de ellos se crea un acercamiento al mundo de las criptomonedas, explicando desde conceptos, las principales tecnologías empleadas, los beneficios de su uso y sus posibles complicaciones, hasta generar un esquema de los principales hitos de los actores relacionados con mercados financieros y su aceptación o posición al respecto. Seguidamente, se genera un documento donde se tocan temas más complejos, entendiéndose como un complemento para aquellas personas que les interese profundizar en el tema.

Posteriormente, se introduce el mundo del blockchain y criptominería, conceptos que, como se analizará más adelante, mantienen una intrínseca relación. Dicho documento es bastante profundo y toca a fondo los principales aspectos del minado, desde el equipo a utilizar hasta las modalidades empleadas para la actividad.

Finalmente se genera un breve análisis de costos y beneficios del proceso del minado.

Se espera que este capítulo genere un conocimiento completo en el lector sobre el tema y lo motive a seguir investigando e inclusive incursionar en el uso de estas tecnología, la cual apunta a ser parte del diario vivir del mundo de las finanzas del mañana.

CAPITULO 2

Un acercamiento a las criptomonedas

Descripción de las criptomonedas

Una comprensión inicial de la naturaleza, origen y funcionamiento de las criptomonedas, requiere establecer aclaraciones conceptuales y las conexiones entre las mismas, con tal de ampliar la perspectiva económica y jurídica de la teoría monetaria. Según Barroilhet (2019, p. 32), existe el dinero digital que es el género que alberga las categorías de dinero electrónico, la moneda virtual y criptomoneda, en que la primera da derecho al dinero de uso corriente o circulante por medio de transacciones electrónicas, la segunda es de denominación propia, no tiene relación con el mundo físico y la tercera, a motivo de este estudio, es un tipo de moneda virtual con más versatilidad que el resto.

El concepto de criptomoneda contiene en su composición a la criptografía, que es conocida como “la ciencia encargada de la codificación (encriptación u ocultamiento) de la información con el fin de que ningún usuario, -salvo quien se autorice- pueda decodificarla, mediante el uso de una clave (...)” (Vélez, 2017), para lo cual conocemos las contraseñas de usuarios que son encriptadas por algoritmos especiales (códigos), siendo un método necesario para mantener la seguridad de los datos transferidos por medios de comunicación.

Qué son las criptomonedas

La criptomoneda es un tipo de moneda virtual que tiene un valor digital, “(...) utiliza la tecnología blockchain para conectar redes peer - to - peer (P2P), algoritmos criptográficos, almacenamiento distribuido y mecanismos de consenso descentralizados. Todo el software es público y puede obtenerse en la Internet” (Seco & Muñoz, 2018, p. 39); es una moneda compuesta por un archivo leído a través del mismo software, y de acuerdo a este acercamiento técnico, se logra comprender de forma posterior, cómo se gestionan sus riesgos respecto a autonomía, privacidad, registros, adquisición de valor, entre otros.

Según Kumar & Smith (2017, p. 8), las transacciones son grabadas en un grupo de bloques que permiten además llevar un control de los balances de personas usando criptomonedas, siendo una información estable a lo largo del tiempo, gracias también a una red de computadoras. Se brinda seguridad de que las personas no pueden invertir monedas que no hayan obtenido previamente.

La cadena de bloques de Bitcoin es un archivo de datos que contiene los récords de todas las transacciones pasadas, incluyendo la creación de nuevas unidades de Bitcoin. Es frecuentemente referida como los libros contables distribuidos - del sistema Bitcoin. La cadena de bloques de Bitcoin consiste en una secuencia de bloques donde cada uno de ellos construye sobre sus predecesores y contiene información acerca de nuevas transacciones (Berentsen & Schär, 2018, p. 4).

Para poder determinar la naturaleza real de la criptomoneda, se suman una serie de criterios por cumplir, que como explican Sokolenko et.al (2019, p. 2): “(...) son utilizadas a disposición del usuario bajo un grupo de criterios: ser fijas y almacenados en un medio electrónico issued by the issuer upon receipt de fondo de otras personas en la cantidad no menor que la issued monetary value”. Bajo la suma de diversas definiciones, se caracterizan por no tener conexión con el dinero público y su circulación se mantiene anónima, elementos que forman parte de la naturaleza del resto de tecnologías que permiten su existencia.

De acuerdo a Mendoza (2019, p. 15), existen diversidad de tecnologías que permiten el funcionamiento de las criptomonedas como lo son el Cloud computing o computación de altas prestaciones y la criptografía (descrita anteriormente); se incluye además, Blockchain o cadena de bloques que es una base de datos compartida donde existe la red p2p (red de ordenadores) que de forma interconectada, permite compartir recursos y servicios conexión lograda a través de nodos (servidores), y a esto se suma la tecnología de realización de transacciones con claves basadas en métodos criptográficos.

El sistema de blockchain es tanto abierto como anónimo. Conducir una transacción, el usuario recibe un código personal especial, con el que puede entrar al sistema y usarlo. La identificación y autenticación de la personalidad detrás de esos códigos es todavía imposible (Sichinava, 2019, p. 2).

Sin embargo, se discrepa con estos autores. Si bien tienen razón en la apertura de la cadena de bloques, no se comparte la anonimidad en todos los tipos de blockchain. El tener un identificador único permite distintas opciones de rastreo que a pesar de no revelar identidades sí logran establecer un acercamiento a lo que sería una especie de auditoría de la cadena de bloques con tal de reconocer

comportamientos que pongan en riesgo la integridad de las transacciones. Por lo cual, se califica el sistema de privado en lugar de anónimo. No obstante, se aclara que existen algunos tipos que ofrecen el anonimato absoluto.

Beneficios y aspectos de mejora en progreso

La literatura relacionada con los tópicos presentes, recomienda, en su gran mayoría, el estudio de las criptomonedas desde una perspectiva constructiva, en el sentido de reconocer sus beneficios y puntos de mejora en vez de aspectos negativos, esto debido a que la mayoría de argumentos se basan en un proteccionismo que no toma en cuenta potencial desarrollo económico sino conservación del sistema actual.

Privacidad y seguridad

Los argumentos alrededor de la seguridad brindada por las tecnologías en que se utiliza criptomonedas, han sido los primeros en relucir cuando se trata de explicar los aspectos negativos ante su carácter disruptivo, para lo cual existe colaboración entre tecnologías, donde cada una cuenta con herramientas de seguridad varias:

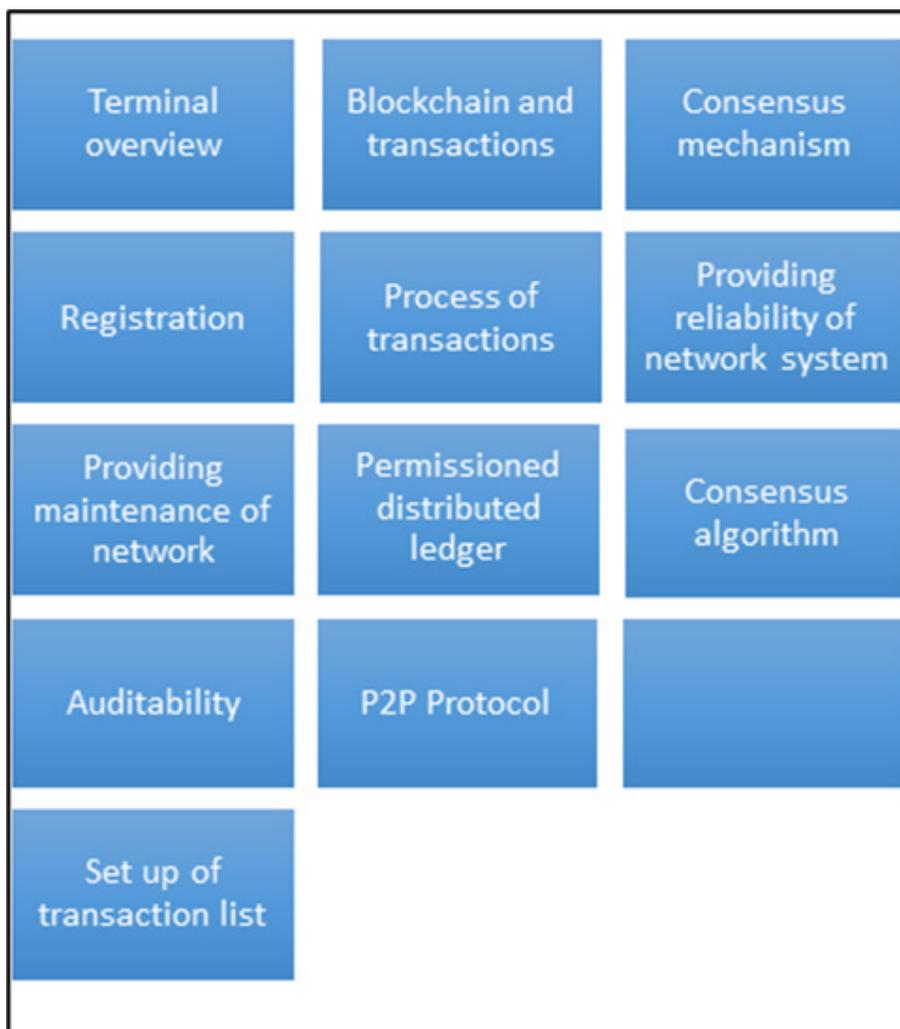
“(...) la tecnología relacionada con criptomonedas sirve como una red segura de almacenamiento y distribución de un gran volumen de datos en una red muy amplia de participantes; y las técnicas de análisis de Big Data también logran mejorar la seguridad de la ya estable arquitectura, analizando el Big Data que provee esta red, identificando a su vez, entidades y detectando el ataque mayoritario” (Hassani, Huang & Silva, 2018, p. 7).

Esos esfuerzos por aumentar seguridad y privacidad han aumentado desde el año 2016 a través de distintas aplicaciones que incluyen según los mismo autores, clasificación supervisada por Machine Learning, Teoría de Juego Algorítmico, entre otros que incluyen estructuras autoorganizadas de blockchain que verifican credibilidad de sistemas utilizados para transacciones y revelan identidad de entidades no identificadas, lo cual aproxima los pasos a una mayor gestión de riesgos (p. 9).

La naturaleza de la codificación de criptomonedas, por otro lado, es la que se pone a prueba cuando se cuestiona si solo a través de aplicaciones o tecnologías complementarias es que se logra proveer seguridad, o si más bien, por las características propias de su existencia, tiene cierto grado de independencia para “defenderse”, dado que el código detrás de la criptomoneda una de las capas de seguridad.

Hasta el momento se ha confiado la labor de seguridad en relación a la distribución justa, a los mecanismos de consenso que trabajan por medio de algoritmos específicos, con abordajes como el proof-of.work que funciona a través de operaciones de minado (consume más energía) o el proof-of-stake que trabaja con posibilidades mayores de selección por posesión actual de monedas, en ambos casos donde las funciones de aprobación también tienen responsabilidad de identificación de comportamientos maliciosos con el riesgo de pérdida de criptomonedas como una de las consecuencias y métodos de autorregulación (Berentsen, 2018, p. 10-14).

Esquema N° 1: Architecture of the Cryptocurrency (Arquitectura de la Criptomoneda)



Fuente: Elaboración propia a partir de Berentsen (2018, p. 16)

Según el mismo autor, dichos algoritmos de consenso forman parte de un conjunto de elementos de la arquitectura total de una criptomoneda, que incluye la propiedad de auditabilidad que trabaja con protocolos de autorización de transacciones (p. 17), lo que contribuye a contar con un conjunto de filtros de seguridad que están en constante mejora, sumado a las claves encriptadas para acceder a los monederos de criptomonedas.

Con respecto a estos últimos, existen cada vez más propuestas avanzadas de encriptación, a través de cifrados (sistemas para crear un mensaje secreto) mejorados, gracias a nuevas propuestas de algoritmos, y trabajan de forma similar a los correos electrónicos, con sistemas más complejos de seguridad, cobertura mayor de las bases de datos de los monederos, un combate de la mayor parte de los ataques y capacidad de adaptarse a más variedad de aplicaciones. (Dawood et al, 2019, p. 765-767)

Descentralización y autonomía

Estas características han experimentado distintas etapas de discusión a lo largo de los años, y en la actualidad, se trata de mantener un balance entre los aspectos positivos y negativos, ya que se ha develado que el contar con una “entidad” central, en su esencia, se enfoca en la necesidad de garantizar seguridad y organización, además de gestionar el comportamiento de una moneda en la sociedad (sin tomar en cuenta intereses particulares para su subsistencia). La criptomoneda descentralizada hace referencia a

“(…) todo aquel dinero digital que está desregulado por un banco central, gobierno y/o institución financiera (...) -y sus creadores - buscan eliminar los gastos financieros que se producen al adoptar la centralización, y de igual modo adquirir privacidad y libertad en el manejo del dinero para realizar compra-venta de productos y servicios (...)” (López, Martínez & Breceda, 2018, p. 58-60)

La filosofía de la necesidad de reinventar el sector financiero, mantiene el interés por proteger y garantizar seguridad en los intercambios entre personas. De acuerdo a los mismos autores, se le da valor a la privacidad y no a la secrecía (relacionada con ocultar), “evitando el robo de información y el cobro de intereses y comisiones, pues se considera que encarece el manejo del dinero” (p. 63), argumentos que son objeto de controversia constante, pero sí han impulsado a las instituciones financieras a plantear estrategias de adoptar estas tecnologías o al menos comprenderlas.

Al no existir un ente central, esto implica que dicha autonomía se ve beneficiada por no tener que enfrentarse a dinámicas de otras monedas digitales como el problema del doble gasto, en que

“(...) el mismo token digital puede ser gastado más de una vez. El riesgo de que este se pueda utilizar más de una vez es intrínseco a todas las monedas digitales existentes. Las monedas digitales que existían antes de las criptomonedas han mitigado este riesgo cerrando la cartera de usuarios financieros institucionales autorizadas a transar legalmente con ellas y registrar las transacciones, además, mantener sus billeteras privadas.” (Lee & Kang, 2019. p. 8, Traducción libre)

Esos son de los riesgos que se logran cubrir por la naturaleza misma de las tecnologías implicadas en el mundo de las criptomonedas y que se pretenden ir mejorando y reconociendo con tal de comprender cómo se adapta nada equidad, comercio justo, entre otros.

Tokenización de activos

Según Weingartnet (2019), los tokens son una representación digital de un activo dentro del blockchain, teniendo una existencia física y digital, donde sus características son determinadas por algoritmos y son comparados como una especie de documentos de seguridad diferente a una criptomoneda, en que la conexión entre el activo y el token puede ser rastreada través de un código de contrato inteligente.

Todo esto permite que el mundo físico sea tangible en el mundo digital y se evidencia que una de las principales diferencias es la posibilidad de ligar este algoritmo con un bien existente en el mundo físico, característica que podría poner en duda si va de la mano con la filosofía disruptiva original de las criptomonedas.

La posibilidad de la división de grandes valores en pequeñas unidades como en el caso de propiedades que no son activos líquidos, además de la mayor facilidad para la programación, la comunidad amplia en el acceso a códigos y la fácil conexión con criptomonedas, determina a Ethereum, como la alternativa preferida de tokenización (p. 4-5). Eso resalta también la versatilidad del Ether como criptomoneda, lo que proyecta ser una opción tecnológica más adaptable al sistema financiero y legal de la actualidad.

Como existe una amplia posibilidad para almacenar valores grandes con respecto al oro, bienes raíces, diamantes, entre otros, existe una necesidad de prevenir el fraude, la evasión fiscal y proteger a los inversores (Laurent, Chollet y Burke, 2018). En el mismo análisis y según Deloitte para ese estudio, se establece la necesidad de regulación más detallada y relacionada con el área de cumplimiento, que se permita reconocer en dichas transacciones quién es el vendedor y el comprador.

A esto se suma la necesidad de explicar qué sucede cuando los elementos físicos se pierden o se destruyen, con la visibilización de medidas operacionales que se adapten a los software operando en el espacio digital además de una familiarización con la ciberseguridad, lo cual implica la habilitación de plataformas, su mantenimiento y sostenibilidad donde un sistema financiero descentralizado no garantiza que no existan instituciones financieras que vayan a estar preparadas para adaptarse a la economía tokenizada, modificando el sistema pero sin eliminarlo, velando por una mayor transparencia, accesibilidad y economía (p. 3-5).

Legitimación de capitales

Se define como “la transacción financiera y otras actividades las cuales están dirigidas a un objetivo particular de ocultar el origen real de una ganancia” (Dyntu & Dykyl, 2018, p. 78), situación de origen que tiene características ilícitas, que se ven fortalecidas por la dificultad de identificación de los criminales (a pesar que las operaciones quedan registradas), lo cual hace más retadoras las simplificaciones, y además, ponen contraste la necesidad de regular nuevas tecnologías al mismo tiempo que se promueva la innovación sin restringir las posibilidades de la tecnología en cuestión.

El establecer responsables a la hora de hablar de blanqueo de capitales, requiere de esfuerzo adicional a la hora de reconocer y caracterizar las funciones de la validación de bloques o minería de criptomonedas, que según Pérez (2020, p. 18) “(...) no tiene relación directa con las transacciones ni la compra de cripto activos (...)”, que para efectos de este caso, se relaciona la actividad ilícita y sus dueños como maquinaria utilizada para validación de bloques como un posible acercamiento a reconocer responsables.

En la actualidad, existen algoritmos que permiten detección de riesgos en caso de lavado de dinero, y también, se establece una serie de escenarios ideales para puesta en marcha de algoritmos más innovadores, que además sean económicos y accesibles de usar en el caso de detectar, por ejemplo, cuando hay cuentas inactivas que de pronto empiezan a realizar transacciones con montos elevados o identificación de riesgos en cierto tipo de transacciones frecuentes comunes.

Según Damian (2019), existen varias alternativas como el algoritmo CoDetect, que aprovecha el hecho que las transacciones siempre ocurren entre dos entidades; también menciona el uso de Machine Learning para identificar entidades que sólo reciben transacciones pero no transfieren, adquiriendo el nombre de “hoyos negros” y que permiten ir develando redes ilícitas, además de otros métodos que reconocen patrones de clientes, los cuales se categorizan en “clusters” y cuando un patrón se sale de la norma, se reconoce como sospechoso. (p. 13) De esa forma, cada algoritmo utiliza diversidad de métodos que a su vez van adquiriendo mejoras con el paso del tiempo conforme se aumenta la actividad dentro de las redes, por medio de un aprendizaje continuo y estratégico.

Contraterrorismo

Actividades como la anterior son facilitadas por el avances tecnológico, que se suman a las características de la “darknet” y las criptomonedas, para lo cual, entidades como la INTERPOL, constantemente definen categorías formales y variadas, además que habilita proyectos que facilitan guías a detalle para la investigación de actividades terroristas, visibilización de los obstáculos que podrían encontrarse, mejoras en prácticas para identificación de criminales a pesar del alma anonimato de las criptomonedas, bases de datos de actividades ilícitas en monederos, entre otros (INTERPOL, 2020).

Denegación de servicio distribuida (DDoS)

Ese tipo de ataque halla similitud con lo que es el cripto-hackeo, con la diferencia que este último “no sólo sucede en computadores, servidores y páginas web, sino también en dispositivos móviles inteligentes que permiten realizar transacciones fraudulentas a costa de la víctima, ganando mucho dinero en forma secreta” (Marquéz, 2019, p. 92-93). En este tipo de escenarios es por lo cual se cuenta también con plataformas web, móviles y dispositivos físicos que permiten el traslado de información de un lado a otro dependiendo de potenciales riesgos, y aumentando así, el grado de seguridad.

Ataque del 51%

Se refiere a un ataque que comprende el 51% de la totalidad de la tasa de Hashes por segundo- de una criptomoneda particular, donde el atacante ejecuta un doble gasto, provocando una cancelación de transacciones de distintos bloques y pérdidas varias, en que los atacantes van a tener como objetivo las criptomonedas con bajo poder de hash (Sayeed & Gisbert, 2020, p.8). A este tipo de riesgos se presentan soluciones que en la actualidad están relacionadas con Inteligencia artificial, específicamente deep learning, estableciendo un control cada vez más intuitivo y rápido ante dichos escenarios, que genera bloqueos de las conductas ilícitas previo a cumplir sus objetivos.

Resistencia de parte de los bancos centrales

Con respecto al Banco Central de Costa Rica (BCCR), según Alfaro & Muñoz (2019) visualiza distintos riesgos (con apertura a conocer su evolución en el proceso de inserción a la sociedad), como por ejemplo, el escenario en que todas las criptomonedas hayan sido cuñadas y donde los mineros se convierten en los encargados de establecer condiciones sobre las transacción. Además, dicen que la volatilidad presente en las criptomonedas, podría dificultar su uso como medio de pago, sumado a la capacidad limitada para confirmar transacciones por día y las situaciones donde revertir transacciones queda sujeto a la voluntad de las partes involucradas (p. 5-9).

Un mayor uso de criptomonedas como un activo financiero y como un potencial medio de pago tiene implicaciones sobre la ejecución de la política monetaria. Las criptomonedas fueron diseñadas específicamente para competir con los bancos centrales al permitir la transmisión de valor directamente entre personas sin tener que recurrir a un tercero (p. 26). A partir del comportamiento de las criptomonedas, está surgiendo la creación de:

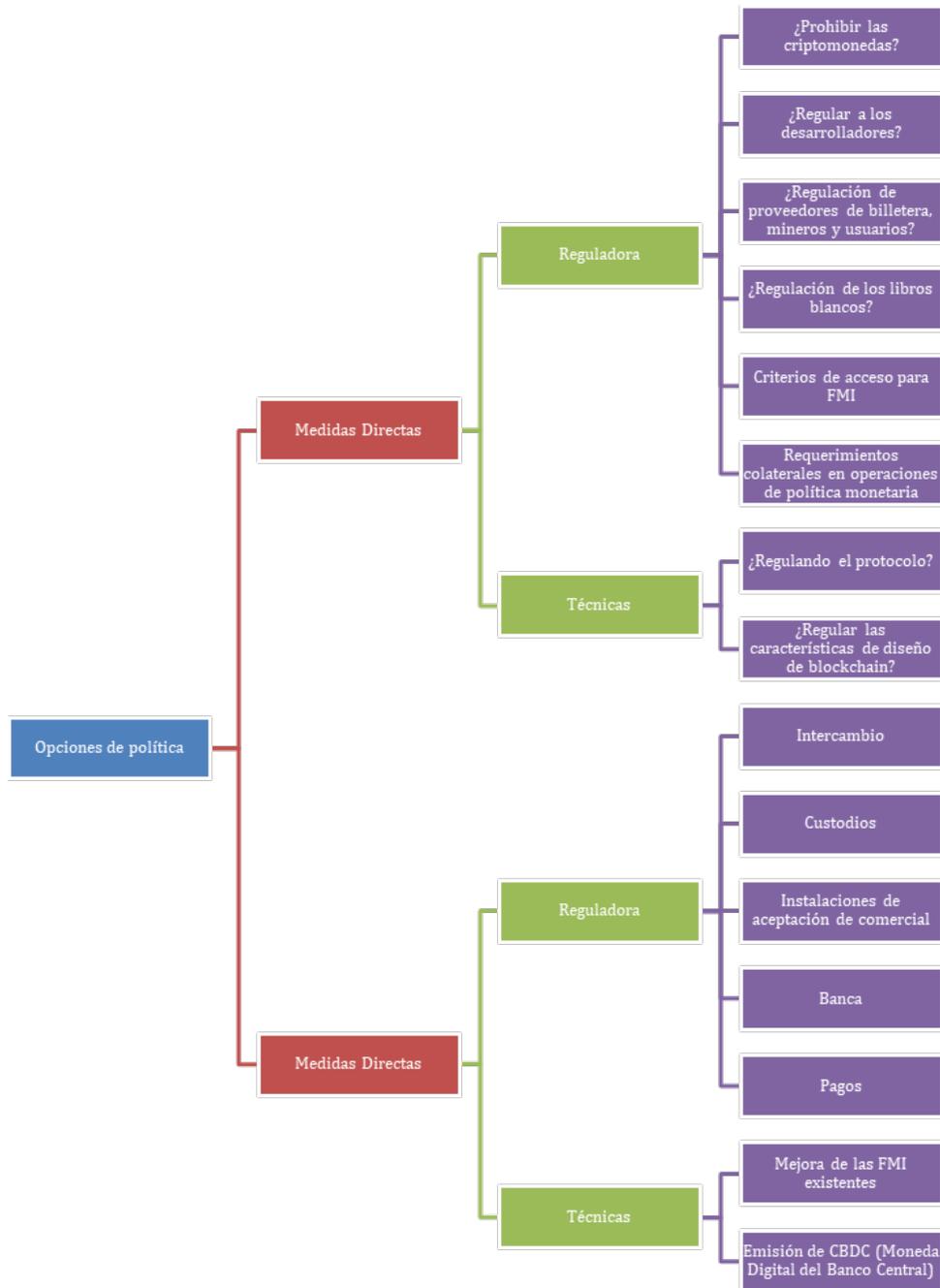
“(…) pagos electrónicos llamados Monedas Digitales de los Bancos Centrales (CBDC -en sus siglas en inglés-) que incluye a las monedas digitales tradicionales y también a las criptomonedas basadas en DLT -cadena de bloques-” (Mondello, Sineilkova & Trunin, 2020, p. 5).

Según los mismos autores, este fenómeno compromete la función tradicional de pagos, lo cual impacta a los bancos comerciales, en cuanto a disminución de demanda en depósitos y créditos, pero, con un mantenimiento de la transmisión monetaria, sumado a la posibilidad que los bancos vayan a pagar intereses sobre CBDCs, que iría acompañado de un instrumento de política monetaria

adicional. (p. 21-22) De acuerdo a Nabilou & Prum (2019), las criptomonedas basadas en una banca central algorítmica tienen el reto de hacer frente a la variación de la reputación de estabilidad en los precios, lo cual representa una oportunidad para los bancos en que sus CBDCs obtengan el liderazgo en ese sentido, pero debe en su proceso, “tomar en cuenta una serie de objetivos de política pública, incluyendo consideraciones técnicas (de seguridad y eficiencia), económicas y legales, como la neutralidad tecnológica y la libertad de los usuarios de escoger los medios de pago” (p. 37-39).

Según los mismos autores se presenta el siguiente esquema sobre las opciones y prioridades de diseño de políticas, con lo cual se pueden concretar acciones.

Esquema N° 2: Opciones de creación de política pública para las criptomonedas a partir de un control desde la banca central



Fuente: Elaboración propia a partir de Nabilou & Prum (2019, p. 17), “Formas de regulación directa de criptomonedas” (Traducción propia)

De acuerdo a Bech y Garrat (2017), se han propuesto distintas estrategias para enfrentar el reto de transferir dinero del banco central al registro distribuido, con lo que se ha propuesto el certificado de depósito digital (DDR) que “es un activo frente a las reservas del Banco Central, que se mantiene en una cuenta segregada con cargo a la cual el banco central emite tokens digitales inscritos en el registro distribuido” (p. 110). Se proyecta una posición bancaria de neutralidad, en la que se trata de mantener una relación con el sistema

tradicional en sincronía con la previsión del comportamiento tecnológico.

Análisis legal de las criptomonedas y su uso

Marco de legalidad y aplicabilidad

Existe un desarrollo incipiente respecto a otros países en el tema, pero a pesar de eso hay una proyección de gran motivación para el establecimiento de emprendimientos relacionados con las criptomonedas y la cadena de bloques, para lo cual, resulta necesario generar un mapeo de las distintas iniciativas, la descripción de sus progresos y una categorización de la retroalimentación lograda a partir de cada uno.

Según análisis de la firma Batalla para Lloreda, Camacho y Co. (2020), “no existe una prohibición legal de mantener o transferir criptomonedas, sin embargo, lo harían bajo su propio riesgo y sin acceso a la infraestructura de cambio de moneda” (p. 79), análisis basado también en la posición del Banco Central de Costa Rica, la cual se caracteriza por ser una advertencia ante los riesgos más no una prohibición, tomando en cuenta la diversidad de manifestaciones de la tecnología financiera (“fintech”):

“Es prudente que el país considere la aplicación de los correspondientes requisitos de ALA/CFT - anti lavado de activos y contra la financiación del terrorismo - especificados por los estándares internacionales a los cambiadores de criptomonedas, así como a cualquier otro ente (...) - y - se deberán seguir las directrices, que sobre un enfoque basado en riesgo para monedas virtuales, emitió el Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI) 28 en junio de 2015, las actualizaciones a estas directrices (...)” (Alfaro y Muñoz, 2019, p. 20).

Bajo ese escenario, existe más impulso por la gestión de riesgos y menor presencia de políticas públicas relacionadas con la gestión de dichas tecnologías, más allá de pensar a la desinformación como argumento principal (de años pasados), pero, que ante la competencia internacional, se confronta con la acelerada alfabetización tecnológica a nivel nacional.

De acuerdo a Ernest, Gutiérrez y Schneider (2019), una buena señal para el impulso de tecnología financiera, es el hecho que Costa Rica cuenta con la sede principal de la Asociación Fintech de Centroamérica y Caribe, la cual tiene como uno de sus objetivos, brindar un panorama de claridad sobre el comportamiento del mercado “fintech” bajo un contraste regional y global.

Según el mismo análisis (perteneciente al BID), otro aspecto positivo es la pertenencia a la Alianza FinTech de Iberoamérica, la cual está integrada por 13 asociaciones, sumado al hecho que de 21 startups fintech de Costa Rica, un 52% considera necesaria una regulación de estas tecnologías, que permita generar mayor confianza y educación de los consumidores, usuarios, emprendedores y entidades, en un mercado inevitablemente creciente, que aumenta la obligación de “fomentar espacios de diálogo entre los diferentes sectores que componen el ecosistema” (p. 47-50), escenarios de seguridad en equilibrio con la visión de un sistema financiero estable.

Para el ejercicio en distintos países, se opta por una perspectiva tributaria contable, que de acuerdo a Chirinos (2019), utiliza como base la protección de las garantías de los contribuyentes bajo distintos principios jurídicos, además de argumentar la necesidad de categorizar la naturaleza de las criptomonedas, sea estas como medio de cambio, depósito, resguardo, garantía de valor o unidad de cuenta, y como analiza el mismo autor, mantiene una perspectiva de control que va en detrimento del desarrollo del mercado de estas nuevas tecnologías, los tributos, en varias ocasiones, han sido orientados a la regulación (visto el carácter coactivo que tiene el tributo en sí mismo) y al fomento (...) - esto - Con el objetivo del conocimiento de las operaciones, sus partes y las cuantías como forma de intervención pública en la economía (p. 7-8).

En el siguiente cuadro se brinda un panorama general de la diversidad de países que cuenta con esfuerzos por categorizar grado de oficialidad de las criptomonedas (como moneda o no), y, a partir de esto, determinar un patrón de comportamiento de instituciones financieras a nivel internacional para reconocer si el panorama de inversión tiene una tendencia hacia la alza y hacia la futura regulación en fomento de la innovación.

Tabla N° 1: Países con esfuerzos por oficializar el uso de las criptomonedas en sus respectivas economías

País	Categoría de criptomoneda	Entes asociados - Instrumentos de regulación
Argentina	Banco Central será el que la categorice como moneda de curso legal	Su uso está sujeto a impuestos.
Australia	No se considera producto financiero, no está sujeta a licencia excepto en actividades asociadas a dinero fiduciario.	Australian Digital Currency & Commerce Association. Australian Taxation Office (ATO)
Brasil	No son valores a menos que paguen intereses o dividendos a sus inversores (Comisión de Valores Mobiliarios)	The Brazilian Association of Cryptocurrencies and Blockchain (ABCB)
Canadá (segundo lugar en cantidad de bitcoin ATMs instalados)	Pago de bienes y servicios sujeta a impuestos como transacción de trueque.	Bank of Canada (con propia criptomoneda)
China	Se define como mercancía virtual (National Bank en 2013). No está regulada.	People's Bank of China (PBOC)
Chipre	El Banco Central ha resaltado los riesgos de usar una moneda digital sin regular.	Comisión de Bolsa y Valores de Chipre (CySEC)
Ecuador	Prohíbe su emisión y su actual moneda digital será equivalente y convertible a dólares estadounidenses.	Banco Central del Ecuador
Hong Kong	Se discuten sus riesgos pero no considera necesario introducir nueva legislación ni prohibir transacciones.	Hong Kong's Securities and Futures Commission (SFC)
India	Soluciones para bancos a través de blockchain y otras innovaciones se habilitaron más (2016-2017). Monedas no pueden ser usadas para pagos y se resaltan los riesgos de su uso (Reserve Bank of India)	Securities and Exchange Board of India, and Reserve Bank of India
Indonesia	Se prohíbe todo tipo de transacciones usando la moneda virtual (Bank Indonesia Regulation No. 18/40/PBI/2016)	Indonesia's Central Bank
Israel	Podrían ver las monedas virtuales como activos financieros (Isareli Central Bank)	Israel's Supervision on Financial Services (Regulated Financial Services). Tiene un impuesto como activo Financiero
Japón (legal)	Se ven como valores tipo activos, sujetos a impuestos cuando los sujetos reciben ganancias en formas de criptomonedas.	Japan Authority of Digital Assets. Bank of Japan.
Jordania	Prohibidas las transacciones	Central Bank of Jordan (CBJ)
Lebanon	Se prohíben las transacciones pero el Banque du Liban (BDL) planea crear su moneda virtual pero no especifican si realmente se considerará criptomoneda.	Banque du Liban (BDL), the Lebanese Central Bank
Malasia	No es moneda de curso legal pero tienen planes de regularlas.	Bank Negara Malaysia

Mexico	No es moneda de curso legal. Los detalles de regulación serán determinados por CNBV (regulador de banca y valores), el Banco Central y el Ministerio de Finanzas.	Banco de México (BANXICO)
Nigeria	No se considera moneda legal y el Banco Central no ha aprobado su uso.	Banco Central de Nigeria
Rusia	Se inicia discusión de legislación desde 2018, un borrador de Ley Federal sobre Activos Digitales. La política establece la minería como un emprendimiento y la criptomoneda es definida como un activo financiero.	Un proyecto de ley sobre activos financieros digitales fue publicado por el Ministerio de Finanzas el 20 de enero de 2018 y presentado en el Estado de Duma el 20 de marzo de 2018. El proyecto de ley define la “minería” como actividades destinadas a la creación de criptomonedas con el propósito de recibir una compensación en forma de criptomoneda. (Traducción propia)
Singapur (legal)	Legislación con propuesta de servicios de pago fue publicada por The Monetary Authority of Singapore (MAS). La nueva legislación se incorporaría a las leyes existentes.	Monetary Authority of Singapore (MAS)
Tailandia	Se ve como un activo que puede ser intercambiado, pero no se considera una moneda de curso legal para el pago de deudas y los planes de regulación están dirigidos al pago de impuestos.	Comisión de Valores y Cambio Tailandesa
Estados Unidos (legal)	Para la implementación de servicios de criptomonedas en algunos estados, se requiere licencia. En algunos estados se considera a la minería y la moneda virtual como objetos de transmisión de moneda. A causa de impuestos se considera como propiedad.	USAA - Simple Bank - Goldman Sachs -
Vietnam	No se consideran monedas ni tienen curso legal y el State Bank of Vietnam previene sobre su uso, inversión y transacción.	State Bank of Vietnam

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cvetkova (2018, p. 137-151) y Joshi (2020)

Los que no tienen la categoría legal, se debe a que tal vez no han establecido una regulación específica o una manifestación oficial al respecto, además, que existen países donde los pronunciamientos han sido restringidos en términos de adaptar la nueva tecnología dentro del sistema financiero, esto como un movimiento de cautela.

Es importante resaltar que, como expresa Morton (2020, p. 143), “la regulación se necesita no para cambiar la naturaleza descentralizada pero para aumentar los niveles de seguridad. El objetivo de un set uniforme de prácticas regulatorias es para brindar un orden legal a un mercado irregular”, para así reconocer con una perspectiva amplia a los intermediarios, los proveedores de monederos, las casas de cambio y otras entidades o individuos, que lograría aumentar la protección de los usuarios.

A pesar de no considerarse una moneda de uso oficial en distintas jurisdicciones, esto no impide que los mismos bancos centrales de diversidad de países apuesten por emprender investigaciones y procesos de desarrollo de sus propias monedas digitales, sea que estas se vayan a comportar de la misma manera que las criptomonedas o que vayan a seguir la tradición del sistema financiero.

Ese patrón de comportamiento bancario e instituciones financieras en general, demuestra un interés gradual por adaptarse a estas

tecnologías disruptivas, debido a su crecimiento internacional y la participación de cada vez más compañías grandes y el resto de la población dentro del proceso de inversión, así como de puesta en marcha de procesos de intercambio, venta y compra a través de NFT (Non-Fungible-Tokens), finanzas descentralizadas (DeFi), entre otros comportamientos que van dando forma al mercado de las criptomonedas de forma exponencial.

Experiencia de usos de criptomonedas en Costa Rica

A pesar de no ser consideradas monedas de curso legal, lo cual no impide su flujo bajo jurisdicción costarricense, existen cada vez más comercios y plataformas que promueven su intercambio, socio educación, venta, uso como forma de pago, entre otras actividades, que se organizan en la siguiente tabla #2.

En la misma se incluyen iniciativas que van desde comercios que aceptan el pago con criptomonedas, así como, monedas virtuales, plataformas informativas, oferta de máquinas de minado, estrategias de investigación y desarrollo, granjas de minería y equipos que ayudan a la integración como forma de pago.

Tabla N° 2: Mapeo de servicios y empresas costarricenses que facilitan circulación de criptomonedas

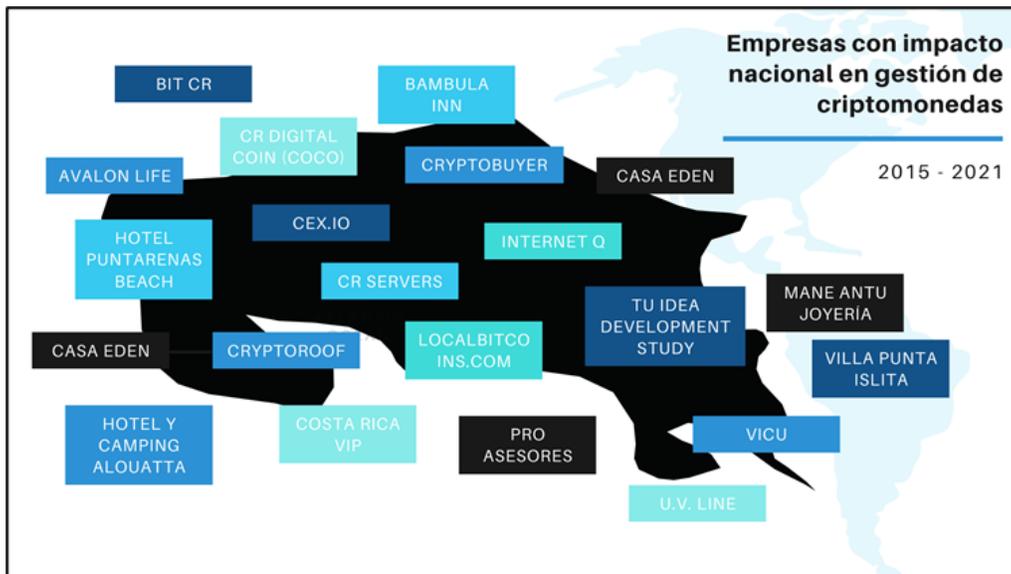
Empresas con impacto nacional en gestión de criptomonedas	Iniciativa	Vigencia	Fuente
Avalon Life	Granja minería	2017	Di Matteo (2020)
Bambula Inn	Reciben pago en BITCOIN	---	http://www.costaricasamara.com
BitCR	Integración de pago con criptomonedas - investigación y desarrollo - oferta de máquinas de minado	2019	https://bitcr.co/
Casa Eden	Reciben pago en BITCOIN		https://www.larepublica.net/noticia/bitcoin-ganar-terreno-como-medio-de-pago-local
CR Coin	Iniciativa de comercio descentralizado desde la plataforma Blockchain Costa Rica.	---	https://proyectorcoin.com/
CR Digital Coin (COCO)	Moneda virtual y plataforma informativa	---	https://www.costaricadigitalcoin.com/
Cryptorroof	Registro de propiedad (150 hectáreas Guanacaste) por BT 6500	2019	https://www.larepublica.net/noticia/bitcoin-ganar-terreno-como-medio-de-pago-local https://cryptorroof.com/buy
Cryptobuyer	Instalación de 1 cajero automático	---	https://cryptobuyer.io/en/
Costa Rica VIP	Reciben pago en BITCOIN	---	https://www.costarica-vip.com
CEX.IO		---	Aguirre (2021) https://cex.io/

CR Servers	Servidores de internet y servicios de software - BITCOIN	---	https://www.crservers.com/
Hotel y camping Alouatta	Reciben pago en BITCOIN	---	https://www.alouatta.org/
Hotel Puntarenas Beach	Reciben pago en BITCOIN	---	http://www.hotelpuntarenasbeach.com/web/
Internetq	Reciben pago en BITCOIN	---	https://www.internetq.com/
Localbitcoins.com	Plataforma recomendada en distintos sitios para costarricenses	---	https://localbitcoins.com/
Mane Antu Joyería	Reciben pago en BITCOIN	---	https://maneantu.com/
Pro Asesores	Reciben pago en BITCOIN	---	https://www.larepublica.net/noticia/bitcoin-ganar-terreno-como-medio-de-pago-local
Tu idea Development Study	Reciben pago en BITCOIN	---	https://www.larepublica.net/noticia/bitcoin-ganar-terreno-como-medio-de-pago-local
U.V. Line	Reciben pago en BITCOIN	---	https://www.uvlinecr.com/
VICU	Moneda virtual a través de monedero EDNA	2019	https://www.ednapay.com/
Villa Punta Islita	Reciben pago en BITCOIN	---	https://villapuntaislita.com/
Montrealsa	Comprar e inversión en el mercado inmobiliario y de propiedad personal con criptomonedas, además de la adquisición de criptomonedas	---	https://montrealsa.com
Coinpay CR	Servicios de pagos en comercios con criptomonedas	---	https://coinpay.cr
Crypto Nation CR	Servicio de exchange	---	http://cryptonationcr.com/

Fuente: Elaboración propia

Cada vez hay más empresas interesadas en generar oportunidad de involucrar a las criptomonedas en territorio nacional, en diversos sectores e industrias, para lo cual se plantea una necesidad creciente de establecimiento de estrategias de incorporación de las mismas en contexto costarricense. El mapeo en relación a la participación de distintos sectores de la sociedad costarricense es de vital importancia con tal de comprender el impacto real que tiene la inserción tecnológica en este contexto.

Imagen N° 1: Empresas con impacto nacional en gestión de criptomonedas. 2015-2021



Fuente: Elaboración propia

Panorama internacional de participación

Son múltiples las compañías que se han unido al proceso de inversión y aceptación de criptomonedas, lo cual aumenta de manera exponencial la credibilidad alrededor del mundo de estas, puesto que son compañías de alto renombre y estabilidad en el mercado. Esto acelera la tendencia de las bancas centrales de distintos países, para establecer estrategias de creación de sus propias monedas digitales a pesar de no haber una regulación o un carácter de oficialidad de las mismas en distintas jurisdicciones.

Esto a su vez confirma que el panorama de inversión toma la delantera, y va más allá de los preparativos para parámetros, políticas o regulaciones, que en la mayoría de los casos no tienen comprensión integral sobre el comportamiento de estas tecnologías disruptivas.

En su trabajo titulado "Empresas con desarrollos alrededor de criptomonedas", Laboure (2021) presenta un panorama para el año 2020 de distintos procesos de inversión relacionados con grandes compañías y servicios financieros alrededor de las criptomonedas consideradas como activos. En la tabla N° 3 se rescatan los aspectos más relevantes del diagrama propuesto por ese autor que ilustran el creciente interés por las criptomonedas que se ha venido discutiendo a lo largo del presente documento.

Tabla N° 3: Procesos de inversión dentro del ámbito de las criptomonedas por parte de grandes compañías y servicios financieros durante el año 2020.

<p>Febrero</p>  <p>Los usuarios de la aplicación Bitcoin Active generaron más de 2 a 3 veces sus ingresos anualizados, a partir de la base de \$30 de la que partía la app.</p>
<p>Mayo</p>  <p>Alfred Kelly, el CEO de VISA, dijo que él miraba a las monedas digitales como una tecnología de pago emergente, al punto que VISA buscaba obtener una patente de la moneda fiduciaria digital.</p>

Julio



PayPal revela que está desarrollando capacidades de compra y venta de crypto a través de Paxos Trust Company, que es una institución financiera y empresa de tecnología con sede en Nueva York que se especializa en blockchain, que digitaliza y moviliza activos.



PNC y US Bank le comunican a la OCC que necesitan mayor claridad respecto al custodio y servicios relacionados a las criptomonedas.



Ant Group lanzó una línea nueva de block-chain, llamada AntChain.



Mastercard anunció una expansión de esfuerzos relacionados con el uso de las criptomonedas en sus cuentas.



La OCC de Estados Unidos comunicó que los bancos podían custodiar las criptomonedas.



El equipo de Revolut creció brindando pagos de servicios de compras en criptomonedas, revelando así la factibilidad de estas transacciones.

Agosto



Aplicación de dinero ha generado ingresos en bitcoin de \$875 millones y \$17 millones de utilidades brutas tan solo en el segundo cuatrimestre del 2020.



Goldman Sachs nombra a un nuevo director global de activos digitales, el ejecutivo revela interés en token vinculado a fiat.

Setiembre



Crypto Exchange, Kraken lanza un banco de criptomonedas en Wyoming como una institución depositaria de propósito especial (SPDI).



OCC confirma que los bancos pueden mantener depósitos de reserva detrás de criptomonedas estables.



Square forma un consorcio para ampliar el acceso a la tecnología de cifrado mediante la creación de una biblioteca de patentes de código abierto.



Mastercard lanza una plataforma de pruebas para personalizar las CBDC (Central Bank Digital Currency).

Octubre



PayPal agrega capacidades de compra / venta en la aplicación y en el sitio con tecnología de Paxos. La integración de Venmo y la aceptación de pagos comerciales está prevista para el primer semestre del 2021.



El banco más grande de Singapur, DBS anuncia que está lanzando un intercambio de cifrado. El banco también está implementando una solución de custodia institucional.

JPMORGAN CHASE & CO.

JP Morgan cambia el nombre de las redes BN y se mueve para comercializar JPM Coin; el banco también se está involucrando con firmas de activos digitales en custodia criptográfica.

Diciembre

FIGURE

Figure anunció que había solicitado un estatuto bancario nacional de la OCC para incluir las criptomonedas en sus servicios.

BBVA

Se dice que el gigante bancario español BBVA lanzará servicios de custodia y comercio de criptomonedas.



Los socios de Visa con Circle para permitir que los problemas de tarjetas integren la capacidad de pago del USDC.

citi

Según el CEO de City, se está trabajando con “algunos gobiernos” para crear monedas digitales.



Standard Chartered se une a Northern Trust para lanzar el negocio de custodia de cifrado “Zodia”.



La Bolsa de Valores de Suiza lanzará un “Portal de activos digitales institucionales” el próximo año para que los bancos se conviertan en usuarios de las criptomonedas.



Según el CEO de Fidelity, el negocio de custodia de bitcoins ha sido increíblemente exitoso.

Cboe

El acuerdo de datos de CBOE sienta las bases para una amplia gama de nuevos productos del mercado de criptomonedas y el potencial de nuevos índices financieros.



La oferta excepcional de monedas estables cruza los \$26 mil millones y el volumen de transacciones anuales cruza el \$1 billón.

Fuente: Elaboración propia a partir de Laboure (2021, p. 7) “Empresas con desarrollos alrededor de criptomonedas”

Bibliografía

- Alfaro, A. y Muñoz, E. (2019). Criptoactivos: análisis e implicaciones desde la perspectiva del Banco Central de Costa Rica. Nota técnica n°001. Recuperado de <https://www.bccr.fi.cr/investigaciones-economicas/DocNotasTecnicas/2019-NT-01.pdf>
- Barroilhet, A. (2019). Cryptocurrencies, economic and legal aspects. *Revista chilena de derecho y tecnología*, 8(1), 29-67. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.5354/0719-2584.2019.51584>
- Bech, M. y Garrat, R. (2017). Criptomonedas de bancos centrales. CEMLA, septiembre. Recuperado de https://www.cemla.org/PDF/boletin/PUB_BOL_LXIV-01-03.pdf
- Berentsen, A. (2018). Designing a cryptocurrency and a detailed analysis on anonymous schemes. Tesis de Posgrado, Universität Basel, enero. Recuperado de https://wwz.unibas.ch/fileadmin/user_upload/wwz/00_Professuren/Berentsen_Wirtschaftstheorie/Lecture_Material/Master_s_Thesis/Completed_Master_s_Theses/Master_Thesis_Tobias_Petri.pdf
- Berentsen, A. y Schär, F. (2018). A Short Introduction to the World of Cryptocurrencies. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*. 100. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/322456542_A_Short_Introduction_to_the_World_of_Cryptocurrencies
- Chirinos, G. (2019). Regulación y tributación en el mercado de criptoactivos, una perspectiva de derecho comparado. *Revista de la Facultad de Derecho, Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela*. Recuperado de <http://www.scielo.edu.uy/pdf/rfd/n48/2301-0665-rfd-48-e112.pdf>
- Cvetkova, I. (2018). Cryptocurrencies legal regulation. *BRICS Law Journal*, Vol. 5. Issue 2, Latvia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326195399_Cryptocurrencies_legal_regulation
- Damian, K. (2019). Combating money laundering on the blockchain. Tesis de grado, University of Twente, octubre. Recuperado de https://essay.utwente.nl/79963/7/Karia_BA_BMS.pdf
- Dawood, O. Hammadi, O. y Mohammed, F. (2019). Secure Symmetric Block Cipher Design for Encrypting the Bitcoin Wallets in Cryptocurrencies Applications. *Journal of Computer Science*. Vol. 15. 758-768. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/333909820_Secure_Symmetric_Block_Cipher_Design_for_Encrypting_the_Bitcoin_Wallets_in_Cryptocurrencies_Applications
- Dyntu, V. y Dykyl, O. (2018). Cryptocurrency in the system of money laundering. *Baltic Journal of Economic Studies*, Vol. 4, N° 5. Recuperado de <http://www.baltijapublishing.lv/index.php/issue/article/view/539/pdf>
- Ernest, W. Gutiérrez, P. y Schneider, C. (2019). Fintech en Costa Rica. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/FINTECH_en_Costa_Rica_Hacia_una_evoluci%C3%B3n_de_los_servicios_financieros_es_es.pdf
- Hassani, H. Huang, X. y Silva, E. (2018). Big-Crypto: Big Data, Blockchain and Cryptocurrency. *Big Data Cognitive Computation*. Vol. 2, No. 4: 34. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/bdcc2040034>
- INTERPOL. (2020). Darknet and cryptocurrencies. *Innovación*. Recuperado de <https://www.interpol.int/en/How-we-work/Innovation/Darknet-and-Cryptocurrencies>
- Joshi, J. (2020). Crypto regulations in the world. Enero. https://medium.com/@jigneshjoshi_13831/crypto-regulations-around-the-world-2020-133b78ca8aa1
- Kumar, A. y Smith, C. (2017). Crypto-currencies – An introduction to not-so-funny moneys. *Reserve Bank of New Zealand Analytical Notes series AN2017/07*. Recuperado de <https://ideas.repec.org/p/nzb/nzbans/2017-07.html>
- Kang, K. y Lee, S. (2019). Money, Cryptocurrency and Monetary Policy. Marzo. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=3303595>
- Laboure, M. (2021). The Future of Payments: Series 2, Part II. When digital currencies become mainstream. *Deutsche Bank Research*. https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_EN-PROD/PROD000000000516270/The_Future_of_Payments_Series_2_-_Part_II__When_di.pdf?undefined&realloa
- Laurent, P., Chollet, T., Burke, M., Seers, T. (2018). The tokenization of assets is disrupting the financial industry. Are you ready?. *Inside. Triannual insights from Deloitte*, Vol. 19, 62-67. Recuperado de <https://theblockchaintest.com/uploads/resources/file-955670470094.pdf>
- Lloreda, Camacho Co. (2020). Regulación Fintech en Latinoamérica: segunda edición. Batalla, San José, Costa Rica. Recuperado de <https://www.carey.cl/download/filebase/redes-sociales/latamfintechregulation-ne-es-111219.pdf>
- López, E. Martínez, O. Breceda, J. (2018). La descentralización de la criptomoneda. *Revista DOXA*, Vol. 8, N° 14, México, Junio. Recuperado de <http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/5071/56-333-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marquéz, J. (2019). Riesgos y vulnerabilidades de la denegación de servicio distribuidos en internet de las cosas. *Revista de Bioética y Derecho, Universitat de Barcelona*. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n46/1886-5887-bioetica-46-00085.pdf>
- Mendoza-Tello, J. C. (2019). Innovación disruptiva de las criptomonedas para la sociedad y el comercio electrónico. Tesis de Doctorado, Universidad de Alicante, España. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/95528/1/tesis_julio_mendoza.pdf
- Mondello, G. Sinelnikova, E. Trunin, P. (2020). Taking on board the long-term horizon in financial and accounting literature. *GREDEG working papers series, Université Côte D'Azur*. Recuperado de <http://www.gredeg.cnrs.fr/working-papers/>

- Morton, T. (2020). The future of cryptocurrency: an unregulated instrument in an increasingly regulated global economy. *International Law Review*, Vol. 16, Issue 1. <https://lawecommons.luc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1219&context=lucilr>
- Nabilou, H. y Prum, A. (2019). *Central Banks and Regulation of Cryptocurrencies*. University of Luxembourg, Julio. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/334510219_Central_Banks_and_Regulation_of_Cryptocurrencies
- Pérez, D. (2020). Blockchain, criptomonedas y los fenómenos delictivos: entre el crimen y el desarrollo. *Boletín Criminológico*, V. 27, Instituto andaluz interuniversitario de criminología, marzo. Recuperado de <https://doi.org/10.24310/Boletin-criminologico.2020.v27i.11283>
- Sayeed, S. y Gisbert, H. (2020). Proof of Adjourn (PoAj): a novel approach to mitigate blockchain attacks. University of the West Scotland, september. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/18/6607/pdf>
- Seco, A. y Muñoz, A. (2018). Panorama del uso de las tecnologías y soluciones digitales innovadoras en la política y la gestión fiscal. Banco Interamericano de Desarrollo, agosto. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Panorama-del-uso-de-las-tecnolog%C3%ADas-y-soluciones-digitales-innovadoras-en-la-pol%C3%ADtica-y-la-gesti%C3%B3n-fiscal.pdf>
- Sichinava, D. (2019). Cryptocurrency and prospects of its development. *ECOFORUM*, Vol. 8, Issue 2. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/334132437_CRYPTOCURRENCY_AND_PROSPECTS_OF_ITS_DEVELOPMENT
- Sokolenko, L. Ostapenko, T. Kubetska, O. et.al. (2019). Cryptocurrency : economic essence and features of accounting. *Academy of Accounting and Financial Studies Journal*, Vol. 23, Special Issue 2. Recuperado de <http://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/7166>
- Vélez, C. (2017). Criptografía. *Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM*, [S.l.], v. 1, n. 105, p. 21. ISSN 1870-347X. Disponible en: <http://gacetaii.iingen.unam.mx/Gacetall/index.php/gii/article/view/1889>.
- Weingärtner, T. (2019). Tokenization of physical assets and the impact of IoT and AI. Lucerne University of Applied Sciences & Arts–School for Information Technology. Recuperado de <https://www.eublockchainforum.eu/knowledge> [https://blockchain.pwias.ubc.ca/sites/blockchain.pwias.ubc.ca/files/report-files/Weingaertner_Tokenization_IoT_AI%20\(1\).pdf](https://blockchain.pwias.ubc.ca/sites/blockchain.pwias.ubc.ca/files/report-files/Weingaertner_Tokenization_IoT_AI%20(1).pdf)

Profundizando en las criptomonedas

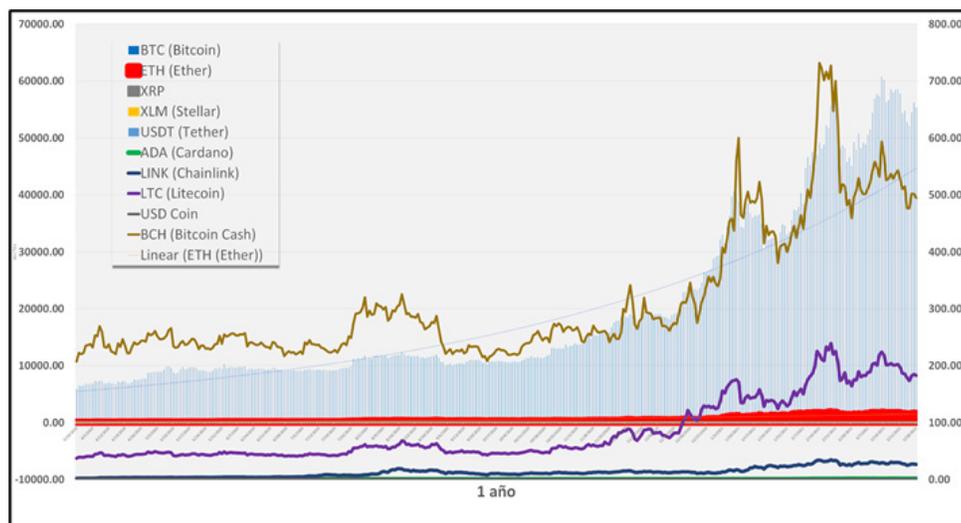
La digitalización ha ido permeando los distintos ámbitos de las relaciones socioeconómicas de las personas en sus distintos niveles. Así, las criptomonedas se han posicionado en el foco de diversos escenarios y discusiones internacionales. Su característica popularidad frente a los sistemas monetarios tradicionales ha propiciado su acelerado crecimiento y la propia competencia entre varias de ellas. A continuación se ahonda sobre algunas de las criptomonedas mejor posicionadas hoy día y sus precios, los esquemas y modelos de mercados dentro de los cuales estas se sitúan, y aspectos sobre la compra, accesibilidad y mantenimiento de estos activos digitales.

Principales criptomonedas y precios

Según Purk & Heger (2021) de la firma de inversiones Edward Jones, el crecimiento que ha tenido Bitcoin se debe a que esta criptomoneda tiene un suministro fijo de 21 millones de unidades, sumado a que grandes compañías de pagos digitales como PayPal y Square, ahora están aceptando la moneda como forma de pago e intercambio, y además, la firma de análisis de datos Micro Strategy compró \$500 millones en bitcoin lo cual representa un 50% de sus activos, sumado al historial del año 2020 de una ganancia de 300%.

Con respecto a la siguiente gráfica, es evidente que el crecimiento de bitcoin ha sido exponencial a lo cual le sigue el Ether, para pasar a otro plano comparativo menor a los \$10 mil, donde se incluyen el Bitcoin Cash, Litecoin y Link, todo esto basado en los precios del último año (de 2020 a 2021), influenciados por las inversiones a gran escala de los últimos meses, pero que evidencian un crecimiento indudable con respecto a dólares estadounidenses, información que a su vez debe ser complementada con los objetivos de cada criptomoneda en particular así como especialidades de las mismas.

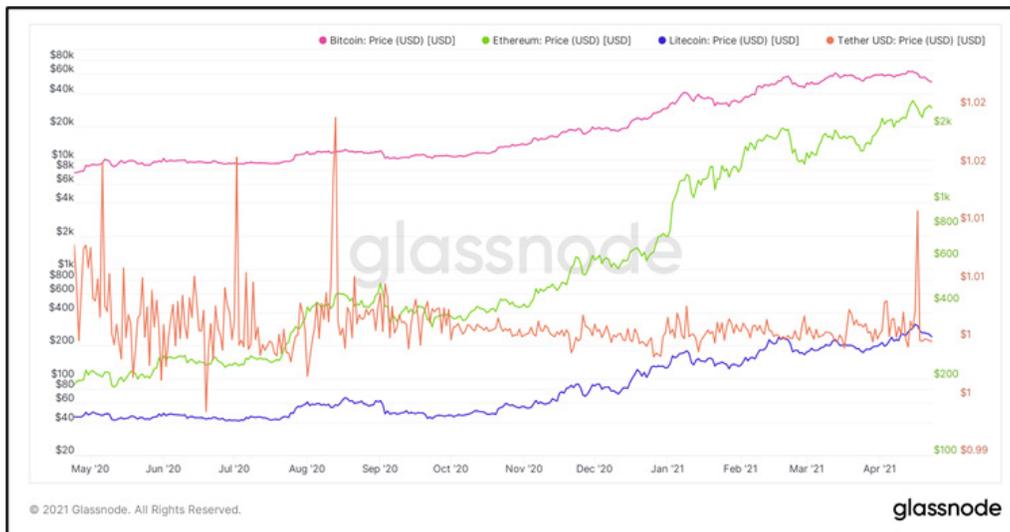
Gráfico N° 1: Precios de criptomonedas a un año desde el primero de marzo de 2020



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Coindesk (2021)

En distintas bases de datos se hace comparación entre distintas monedas debido a que su relevancia en el mercado cambia cada cierto tiempo, donde para inicios de 2021, se presenta la comparación en el siguiente imagen entre Bitcoin, Ether, Litecoin y Tether (como moneda estable), eso de acuerdo datos de relevancia de la moneda digital para dicho periodo pero tomando en cuenta el comportamiento de los precios del último año hasta el 23 de abril de 2021.

Gráfico N° 2: Comparación de precios de 4 criptomonedas en el último año a fecha de 23 de abril de 2021



Fuente: Glassnode Studio (2021)

Con la gráfica anterior se logra denotar una cierta estabilidad y gradualidad en el crecimiento del Bitcoin y Litecoin, pero en cuanto al ether, es evidente que el crecimiento ha sido el mayor en los últimos meses, lo cual sumado a sus características y factores de variabilidad de los precios, brinda un panorama muy positivo y competitivo respecto a las otras monedas.

En la siguiente tabla se hace una comparación del top 5 de criptomonedas para el año 2021, en que se realiza una descripción de la estructura, precio, ventajas y desventajas de las mismas, en relación a datos actualizados para abril del mismo año.

Es preciso mencionar que tales márgenes comparativos, son útiles para tomar decisiones informadas y en cuanto a procesos de inversión, pero el carácter de competitividad entre las mismas depende de más factores que sólo la volatilidad en los precios, los cuales en su análisis histórico, amplían sobre su comportamiento general, por lo cual se recopila información relacionada con sus ventajas y puntos de mejora (más allá desventajas dado el panorama positivo), que permiten conocer el enfoque, funcionalidad y pertinencia en cada sector comercial de las criptomonedas.

Tabla N° 3: Descripción general de las cinco criptomonedas más fuertes para el año 2021

Monedas	Estructura	Precio	Características destacadas
Bitcoin	Primera implementación del blockchain. Sistema de transacciones que emite bloques en promedio cada 8 minutos. Utilizado principalmente para las transacciones regulares entre billeteras, aunque admite scripts y contratos.	A inicios del 2020, un bitcoin estaba valuado en \$7,500; para noviembre de 2020 estaba valuado en \$18,500. La capitalización de mercado de Bitcoin es de \$346 mil millones, y \$28 mil millones en bitcoins se transan a diario. (Traducción libre)	Es la criptomoneda de más popularidad y ha tenido crecimientos exponenciales en los últimos meses además de haberse incluido inversiones de importantes compañeros como VISA, Mastercard, Paypal. En Costa Rica, la mayoría de los comercios que reciben como pago una moneda digital lo hacen a través de bitcoin.
Ether	Ethereum toma prestado el protocolo de bitcoin y el diseño de blockchain y es potenciado por el ether, Su moneda sirve como gas para alimentar la ejecución de los contratos inteligentes en las redes los cuales son utilizados para crear aplicaciones descentralizadas.	The financing: \$18 million token sale in 2015. The total number of transactions on the Ethereum blockchain grew from 17,074 in January 2016 to 1,173,012 on 17 November 2020. (\$18 millones de ventas en token durante el 2015. El total de transacciones en blockchain de Ethereum creció desde 17,074 (enero 2016) a 1,173,012 (noviembre 2020)).	Tiene uno de los ecosistemas de desarrolladores de criptomonedas más grande con más de 200000 desarrolladores alrededor del mundo. Cuenta con una estabilidad creciente y gradual.
Ripple (XRP)	La compañía está enfocada en utilizar XRP específicamente para atender una problemática de 10 trillones de dólares de capital atrapado que es requerido para pagos transfronterizos. No es una criptomoneda, pero se cotiza como tal en los mercados.	Ripple ha procesado más de dos millones de transacciones con un valor nominal de \$7 mil millones. Llega a las 1500 transacciones por segundo. (Traducción libre)	Cuenta con un costo bajo de transacción además de diversos clientes como American Express, MoneyGram, Azimo y Santander. Sus transacciones en RippleNet están basadas en ISO 20022.

Tether (USDT)	Forma parte de lo que se le conoce como las monedas estables y bajo esta categoría es la de más alto Afirma estar respaldada 1 a 1 por dólares. Sin embargo, informes recientes explican que es un compuesto con otros instrumentos financieros en dólares.	Para septiembre de 2010 hay casi 68 miles de millones de tokens emitidos. Es un token de las blockchains: Ethereum, Tron, Solana y Binance Smart Chain	Fue una de las primeras monedas en ligar su valor de mercado con el de las monedas oficiales. Se convierte en una moneda que está protegida de las fluctuaciones con las que normalmente se relacionan las criptomonedas.
---------------	---	--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de Demirrors & Sheffield (2020), CoinMarketCap (2021) y datos de los autores. “Principales criptomonedas”

Patrones de mercado de las criptomonedas

2.1 Moneda, commodity o propiedad (inventario, activo, intangible, instrumento de inversión)

El comportamiento de las criptomonedas y sus precios, corresponde a distintos elementos diferentes del sistema financiero tradicional, por lo cual es importante tomar en cuenta que su impulso se relaciona con materias tecnológicas como informática, inteligencia artificial y blockchain, que incluso en la actualidad, las mismas se encuentran en etapa de socio educación clave para poder seguir fomentando su desarrollo.

Hay que aclarar que en el caso de existir obstaculizaciones respecto tecnologías como las criptomonedas, en la gran mayoría de los casos se debe a una lucha de poder político y de intereses de potencias por no verse obligadas a doblegar esfuerzos de desarrollo económico de una región del mundo, cuestión que llevaría a explicar el por qué de los argumentos con carácter prohibitivo en algunas jurisdicciones.

A la criptomoneda se le adjetiva de distintas formas, incluyendo expresiones como moneda no oficial, moneda complementaria (respecto a las monedas oficiales), moneda paralela e incluso moneda social, siendo esta última expresión la que se trata de utilizar en las investigaciones y referencias políticas, con tal de resaltar el enfoque de desarrollo social y económico que tiene como base su desarrollo y evolución en los distintos sistemas financieros, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N° 4: Ventajas, Desventajas, Riesgos, y Soluciones de las criptomonedas “sociales” dentro de los sistemas financieros

Ventajas	Desventajas	Riesgos	Soluciones
Capacidad de apoyar a empresas por confianza y fidelización de clientes	Corto ciclo de vida por falta de apoyo institucional	Inversiones sin guía y de forma impulsiva.	Visibilización de la inserción de grandes compañías y comportamiento bancario internacional
Fomento de la cohesión social. Proyectos promotores de economía social a través de la renta básica universal.	Falta de comprensión por parte de la población, posiblemente proveniente de intereses políticos.	Falta de atracción de recursos. Falta de trazabilidad de proyectos con finalidades sociales que no distribuyen.	Mayor difusión, socio-educación de contenido.

<p>Posibilidad de reducir tasa de desempleo - permite que intercambio de habilidades, voluntariado o trabajo doméstico puedan ser valorados.</p> <p>Desarrollo de sistemas de intercambios mutuos, trabajo informal y economía sumergida, se reconocen y valorizan.</p>	<p>Posibilidades de prohibición utilizando argumentos de alta volatilidad sin comprender otros patrones de comportamiento tecnológico y de procesos de transformación digital e innovación.</p>	<p>Categorización futura de competencia desleal por estar al margen de reglas fiscales y laborales (no hay pago de cuotas de seguridad social).</p>	<p>No hablar de la moneda social como moneda para evitar confusiones o reacciones de oposición.</p> <p>Hay que analizar “tiempo de vida” del sistema tradicional de seguridad social y comportamiento del mismo.</p>
<p>Incremento de liquidez y financiación por microcréditos sociales.</p> <p>Colaboración con el sector público o entidades financieras</p>	<p>Trazabilidad de identidades inmersas en intercambios ilícitos.</p>	<p>Fluctuaciones en precios.</p> <p>Una regulación con enfoque tributario debe tener una conciencia real de la naturaleza de la existencia de las criptomonedas. Esto se acompaña con Marco jurídico en dirección a una Revolución digital sostenible y solidaria.</p>	<p>Fluctuaciones controladas por algoritmos y contratos inteligentes.</p> <p>Licencias para empresas encargadas de almacenamiento y gestión de criptomonedas, en que hay revelación de identidades de usuarios.</p> <p>El enfoque regulatorio debe ser siempre a favor de la innovación, la digitalización y la financiación, Además de que haya sincronización con los objetivos madre de la creación de las criptomonedas y sus ecosistemas.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de Hernández & García (2020: 300-313) “Ventajas, desventajas, riesgos y soluciones de las monedas y criptomonedas sociales”

Según Moorefield & Owen (2021, p. 3), los casos en que se ha considerado como mercancías especulativas, se basan exclusivamente en los cambios que tienen los precios o que podrían tener, pero sin dejar de lado la realidad, que son millones las transacciones las que ocurren día a día e intercambios varios. Bajo el mismo análisis, compañías grandes como Starlink, trabajan para solventar las problemáticas de acceso al internet por distintas propuestas satelitales, todo esto basado también en el fomento de patrones financieros alternativos como uno de los motivantes.

El carácter especulativo tampoco elimina el hecho de que sea una forma de inversión, que como en todas requiere de una guía, donde además siempre existen riesgos, situación que es común en todo proceso de innovación y transformación digital, ante lo que resulta necesario reconocer si existen planes de acción y soluciones versátiles. Este proviene del diseño del sistema monetario de estos activos: uno deflacionario. Estos parten de una oferta fija que decrece a lo largo del tiempo y conforme su tecnología va desarrollándose y se adquieren más usuarios que realicen transacciones regulares, se aumenta la demanda y, por ende, los precios suben y permiten obtener ganancias en el largo plazo, en caso de que se mantenga el proyecto y cumpla sus objetivos. Por lo cual, desde su concepción, los criptoactivos, en su mayoría, tratan de ser más que una moneda y brindar una posibilidad de ganancias a los usuarios para fomentar su adopción. Entonces, se debe tener cuidado con los proyectos en los que se invierte y el carácter que se le brinde a las criptomonedas

-que debería ser de criptoactivos- cuando muchas veces existen contradicciones en su narrativa de monedas. Esto no elimina el gran potencial y tecnología que envuelven.

El surgimiento de las monedas digitales de bancos centrales (CBDCs en sus siglas en inglés), según World Gold Council -El Consejo Mundial del Oro- (2021), deriva del objetivo de reducir costos e incrementar el acceso y mejorar su propia infraestructura financiera, aunque existen todavía algunas instituciones financieras que no tienen la madurez suficiente en sus sistemas para permitir ese desarrollo digital, lo que aumenta su nivel de incertidumbre.

Uso y tenencia de las criptomonedas

Compra, accesibilidad y almacenamiento

Según Trust Investing (2020), las plataformas de intercambio, las casas de cambio (exchanges) son las que permiten operar con activos digitales para realizar intercambios e incluso utiliza divisas fiat, para facilitar dichas funciones. A pesar que existe la posibilidad de almacenarlas en las mismas casas de cambio, se recomienda preferiblemente tener una billetera digital con la que se puede “enviar y recibir criptomonedas y rastrear nuestro saldo” (p. 5).

Pérez (2021), menciona distintos tipos de monederos como lo son el monedero de hardware, que utiliza un dispositivo externo, también los monederos locales que son los más populares y que se instalan en un dispositivo, los monederos web que funcionan con la nube y monederos de papel, menos comunes por el riesgo de manejar en físico.

Según Addario (2021), las formas de acceder a monedas, es por medio de compra directa gestionadas en monederos, a través también de corredores certificados en que existen paquetes de inversión y contratos por diferencia donde uno no es el dueño de la criptomoneda sino que invierte en un contrato con el precio del momento, esperando que suba para vender y obtener una ganancia.

Analizando datos de Binance Research (2021), el 52% de los usuarios de criptomonedas considera dicha inversión como una alternativa de ingresos y un 15% como fuente principal de ingreso, además de un 55% que consideran a las criptomonedas como su plan de ahorro a largo plazo. En este estudio se examinan a más de 61 mil usuarios, y menciona que la confianza a nivel mundial ha crecido en un 63%, esto complementado a la percepción de las personas de una mayor comprensión de los temas así como de una mayor inclusión de personas dentro del sistema de inversión.

Se evidencia poco a poco que cada vez más son las iniciativas de criptomonedas, monederos y sistemas que trabajan por generar mayor accesibilidad que vaya acorde a los principios de los cripto activos, tomando en cuenta que los mismos adquieren mayor credibilidad y fuerza dentro del sistema conforme se vayan uniendo cada vez más personas a invertir. A esto se suma un ambiente cada vez más supervisado con tal de asimilar el comportamiento de las monedas digitales y lograr integrar así más dinámicas de intercambio y transferencia que permitan su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Bibliografía

- Addario, C. (2021). ¿Cómo invertir en criptomonedas desde Centroamérica? Forbes, febrero. Recuperado de <https://forbescentroamerica.com/2021/02/19/como-invertir-en-criptomonedas-desde-centroamerica/>
- Binance Research (2021). 2021 Global Crypto User Index. Enero. Recuperado de <https://research.binance.com/en/analysis/global-crypto-user-index-2021>
- BitDegree (2021). Mejor monedero criptomonedas. Verificación de abril. Recuperado de <https://es.bitdegree.org/crypto/mejor-monedero-criptomonedas>
- Coinbase (2021). Prices and ranks. Recuperado de <https://www.coinbase.com/price?resolution=year>
- Coindesk (2021). Market cap and price scale. Recuperado de <https://www.coindesk.com/coindesk20>
- Coin Market Cap (2021). Global cryptocurrency charts. Recuperado de <https://coinmarketcap.com/charts/>
- Demirrors, M. & Sheffield, G. (2020). Crypto, what is it good for? And overview of cryptocurrency use cases. World Economic Forum, Global Future Council on Cryptocurrencies, diciembre. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Cryptocurrency_Uses_Cases_2020.pdf
- Glassnode Studio (2021). Price comparison chart. Recuperado de <https://studio.glassnode.com/cmpare?a=BTC&a=ETH&a=LTC&a=USDT&axis=0&axis=1&axis=0&axis=3&c=&c=&c=&c=&e=&e=&e=&e=&m=market.PriceUsdClose&m=market.PriceUsdClose&m=market.PriceUsdClose&m=market>.

Consumo eléctrico de la criptominería: criterios de oportunidad ante potencial energético

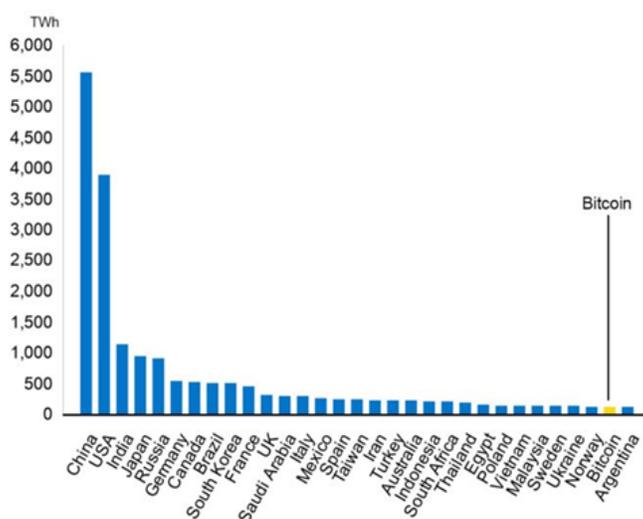
A nivel internacional y en los últimos meses, se ha hablado de la necesidad de dar continuidad a los procesos de innovación relacionados con criptominería. Paralelamente, se hace conciencia sobre el consumo energético que implica llevar a cabo estas prácticas tecnológicas, que dentro del discurso de la cultura popular permeado a su vez por mucha desinformación, se determinan como “de alto costo”. Si bien comparativamente con niveles de gasto del sistema financiero tradicional no lo supera, esto no es excusa para no propiciar soluciones. De esa forma, el potencial energético de Costa Rica es de alto valor dado que se basa en el aprovechamiento de las energías renovables, lo que permite llevar de la mano un desarrollo económico de un sector privado de producción eléctrica que se ha visto desplazado a otro rango de prioridad de compra por el monopolio eléctrico, en sincronía con el desarrollo sostenible tan necesario y discutido en épocas de crisis económica y epidemiológica.

Datos y perspectiva del consumo energético de la criptominería

Tal vez uno de los mayores obstáculos presentes contra el desarrollo de los criptoactivos es el impacto ambiental negativo que estos tienen en la actualidad. Aratani (2021) cita a Jones, Goodkind y Barrrens (2020), quienes hacen énfasis en el excesivo consumo energético que viene de la mano de la producción de criptomonedas, en especial de la protagonista: Bitcoin. Esta última ha superado ya el consumo de electricidad de toda la nación chilena, así como el consumo de Irlanda y Países Bajos, de acuerdo con los datos publicados por Cambridge. Aún más, esta hace uso de la suficiente electricidad como para considerarse dentro de los treinta países con mayor consumo energético –aunque, claro está, la utilidad brindada por la criptominería no tiene el mismo efecto que la utilidad conjunta del consumo de una nación.

Cambridge (2021), a través de su Índice de Consumo Eléctrico de Bitcoin, menciona que se consumen aproximadamente 136,84 TWh (teravatios por hora) al año en la minería de bitcoins. Para comparar, la institución menciona que esta cifra podría abastecer las necesidades energéticas de la Universidad de Cambridge por, al menos, 778 años. Asimismo, y como se mencionó anteriormente, la cifra resulta alta incluso al compararla con otras naciones (exceptuando las grandes potencias). Suecia, por ejemplo, consume 131,8 TWh al año, una cifra levemente inferior, mas una cifra que representa a todos los 10,23 millones de habitantes de este país. Así mismo sucede si se le compara con Malasia, cuyo consumo eléctrico es de 147,2 TWh al año, un tanto superior (hasta el momento) al consumido en la criptominería. Si bien este sistema opera a nivel mundial y procesa un gran volumen de transacciones, no excusa su alto consumo de fuentes de energía no limpias. Aunado a esto, se debe recordar que Bitcoin no es la única criptomoneda que utiliza como mecanismo de consenso una prueba de trabajo, por ejemplo, Ethereum al día de hoy todavía lo hace.

Bitcoin uses more energy than Argentina
If Bitcoin was a country, it would be in the top 30 energy users worldwide



National energy use in TWh

Source: University of Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index



Imagen 1: Comparativo de consumo energético respecto a países (Criddle, 2021)

Empero, el caso que destaca es el de la nación argentina, la cual cuenta con una población cercana a los 45 millones de habitantes y cuyo consumo eléctrico ya ha sido superado por el consumo en la minería de bitcoins. Esta fue la comparación que llegó rápidamente a los titulares debido a la prominencia de la afirmación, la cual permite dimensionar mejor el impacto que está teniendo el sistema actual de la madre de los criptoactivos. También resulta conveniente hacer mención a lo que resalta Truby (2018), quien dice que –de acuerdo con los datos obtenidos en Reino Unido– una sola transacción de bitcoins podría abastecer de consumo eléctrico a un hogar británico promedio por un mes.

Dicho todo esto, resulta más que evidente el impacto ambiental de esta moneda en específico, ya sea desde el punto de vista de los efectos sobre la capa de ozono o del calentamiento global (si no se utilizan fuentes de energía limpias y renovables). Adicionalmente a esto, se desarrolla este problema en el marco de diversos acuerdos internacionales; entre los cuales destaca el Acuerdo de París. Esto hace que el impacto de la minería de Bitcoin sea un problema ambiental, social y político para algunas naciones, sin negar o dejar de lado su gradual inserción a la sociedad y el potencial de desarrollo que tienen como todo proceso de innovación.

Naturaleza del consumo energético de la minería y algoritmos de consenso

Tal desarrollo de los acontecimientos nace de la tecnología requerida para la validación de transferencias de bitcoins. Esta utiliza un método denominado proof-of-work o prueba de trabajo. En ella, cada transacción debe ser validada por un “minero” para así poder añadirla al blockchain, el cual corresponde a un conjunto de bloques de información que alberga todas las transacciones que se han hecho anteriormente. La validación de los mineros asegura que nadie pueda utilizar bitcoins falsificadas o utilizar dos veces la misma bitcoin (double spending). (Hertig, 2020).

Este proceso es el pilar de muchas criptomonedas, por lo que, para incentivar a los mineros, se les otorgan Bitcoins (o fracciones de ellas) a cambio. Esto ocasiona que muchos mineros compitan por la generación de bitcoins, aunque solo sea uno el que logra validar cada transacción. Ante tal competencia, se multiplica el uso de electricidad para validar cada transacción. Por ejemplo, de acuerdo con los datos de Digiconomist (2021), una sola transacción de Bitcoin utiliza la energía suficiente para llevar a cabo 591 841 transacciones de VISA (con dinero fiat), por lo que no parece ser una alternativa menos costosa. Aún más, esto mismo ha ocasionado que se centralice la producción en grandes empresas (la mayoría ubicadas en China); lo cual va contra los principios de las criptomonedas; debido a que resulta insostenible para los pequeños mineros.

Comparison of Environmental Costs

	Energy Used (GJ)	Tonnes CO ₂ Produced	Emission Trend
Gold Mining	475 million	54 million	Increasing
Gold Recycling	25 million	4 million	Decreasing
Paper Currency & Minting	39.6 million	6.7 million	Increasing
Banking System	2340 million	390 million	Increasing
Bitcoin Mining	3.6 million	0.6 million	Decreasing

Imagen 2: Comparativo de consumo energético con minería de oro, impresión de dinero fiat y sistema bancario (Won, 2021)

Como puede percibirse, a pesar de que el mecanismo de proof-of-work resulta sumamente provechoso y es un avance tecnológico que debe investigarse a profundidad, tiene un problema intrínseco: el enorme consumo energético y su impacto ambiental. Mientras el valor de estos activos continúe subiendo, habrá incentivos suficientes para que los mineros continúen con su consumo actual o lo aumenten. Y, si se analiza el caso Bitcoin, puede percibirse que el precio, aunque mantiene sus marcadas fluctuaciones, ha tenido un alza desmedida. Para abril de 2021, una unidad ronda los \$56 509, cuando para abril de 2019 apenas se encontraba alrededor de los \$5 198, de acuerdo con los datos de Coindesk (2021). Esto brinda una justificación al alto nivel de consumo eléctrico de esta criptomoneda en específico, para la cual no se ven modificaciones planeadas a corto plazo. Por ello, sendos analistas consideran al Bitcoin como una bomba de tiempo. Sea o no una burbuja a punto de explotar, queda claro que debe buscarse una solución al efecto que está teniendo sobre el ambiente, para lo cual se han presentado algunas alternativas y se visionan distintas estrategias.

Alternativas de criptomonedas con “enfoque de sostenibilidad”

La primera alternativa –y, tal vez, la más fuerte entre los contrarios a la revolución cripto– es un “retorno” al dinero fiat. Como se mencionó anteriormente, este resulta mucho menos costoso a la hora de realizar una transacción. Por ello, también, su huella de carbono va a ser

muy inferior a la que tienen consigo el Bitcoin. Empero, debe entonces tomarse en consideración el costo de almacenamiento del dinero fiduciario, el cual es muy superior al de las Bitcoin pues estas carecen de costo alguno. Asimismo, entrarían a colación las diversas ventajas que posee la criptomoneda, tales como la libertad de tránsito de esta alrededor del mundo, la descentralización de la producción (o, al menos, la separación de un ente gubernamental que le controle), entre otras. Por ello, aún cuando su impacto ambiental por cada transacción es inferior, el impacto total no necesariamente lo será, así que no parece ser una alternativa adecuada para suplantar las criptomonedas.

Ergo, debe considerarse otra alternativa tal como la Ethereum 2.0 (ETH2). Esta sería la nueva versión de una de las criptomonedas más famosas, en la cual se utilizará el mecanismo de proof-of-stake o prueba de participación (PoS) en lugar del antiguo proof-of-work (PoW) que utilizaba. En este, de acuerdo con Ethereum (2021), se le dará prioridad a los mineros que más criptomonedas posean en su cartera, por lo que se reducirá el número de participantes en el proceso de verificación de cada transacción. Asimismo, se incorpora un mínimo de ETH para convertirse en un validator (un minero que participa del proceso de PoS) y se realiza un proceso de asignación con cada transferencia, por lo que también se reduce el consumo de electricidad. Esta alternativa resulta mucho más sostenible que las bitcoins y mantiene casi todos los beneficios de esta, a excepción de la total libertad que posee BTC, pues Ethereum si tiene una compañía que la respalda. Esto, aunque para muchos sea perjudicial, es lo que permite la transición de la ETH a la ETH2, con su nuevo funcionamiento de tipo PoS. Mancini (2021) destaca que esta transición, y cita a Watkins, implica que el valor del Ether subirá y sobrepasará pronto a Bitcoin gracias a esta transición a la sostenibilidad, pues no solo la hace más accesible al público sino que resulta mucho más amigable con el ambiente. Esto, argumenta Watkins, puede ser de gran atractivo para el público en general.

Adicional a esto, podría recurrirse a algunas criptomonedas que han surgido como una alternativa ambiental para aquellos que buscan la descentralización. Destaca aquí las SolarCoins, moneda sobre la cuál se hablará un poco en el tercer capítulo de este documento.

Propuestas de gestión de las criptomonedas y el incentivo de progreso

En el caso de que no se desee buscar una nueva opción ajena a las bitcoins, es menester encontrar la solución al problema de sostenibilidad de estas para evitar serios problemas ambientales a largo plazo. Para ello, puede procederse de diversas maneras. La primera –y probablemente la más efectiva– consta de atacar el problema de raíz: destronar la tecnología de PoW y sustituirla por alguna más ecológica. El segundo caso es el que menos le agrada al mercado; intervención gubernamental directa sobre las bitcoins para asegurar un desarrollo sostenible. Por último yace lo que algunos consideran sólo un paliativo, pero que ha ganado mucha fama entre los partidarios de la tecnología de blockchain. Esta sería la utilización de energías renovables para la producción de criptoactivos, en boga del auge de este tipo de producción ante la denominada Cuarta Revolución Industrial.

En el primer caso se estaría procediendo de una manera muy similar a lo que optaron los directores de Ethereum con la incorporación de su versión 2.0. Esto, claro está, sería si se utiliza el método de proof-of-stake que se explicó en el segmento anterior. Sin embargo, esta no es la única opción disponible. Adicional al PoW y el PoS podría hablarse del proof-of-burn, método que muestra muchas similitudes con el funcionamiento de PoW (en cuanto a la poca sostenibilidad que tienen) y que es muy limitado en su uso. (Kumar, 2020); al descartar esta opción, surge también la alternativa de proof-of-capacity.

Este es un mecanismo muy similar al proof-of-stake en el proceso de validación, con una leve diferencia. En este, los validators son ponderados no por la cantidad de monedas que poseen, sino por la capacidad de almacenamiento que poseen. Esto, al igual que en PoS, reduce el consumo energético y se vuelve mucho más sostenible que el PoW. Por último se encuentra el proof-of-elapsed-time, mecanismo desarrollado por Intel. Este consume menos electricidad que el PoW, pero cuenta con la intervención de una institución –idea contraria a los principios de las criptomonedas–, lo cual le hace menos atractivo.

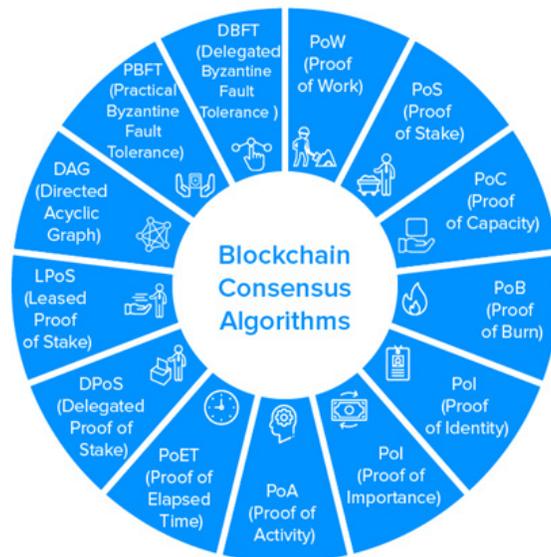


Imagen 3: Tipos de algoritmos de consenso en cadena de bloques (Bhardwaj, 2019).

Cualquiera de estos métodos que se elija resultará mucho más eficiente que el actual funcionamiento de las bitcoins. El gran problema nace en que no existe forma alguna de cambiar el método de producción de BTC sin una intervención externa, lo cual enfurecería a los consumidores y podría desalentarles hasta perjudicar a la tecnología como tal, y este no es el objetivo actual.

Por lo tanto, se continúa con la siguiente alternativa, la cual también debe tratarse con mucho cuidado para no dañar el mercado fructífero actualmente presente (y la naturaleza del origen de las criptomonedas). Esta sería la intervención gubernamental, que para muchos es un castigo al progreso –mas no debería serlo-. Esto lo aborda Truby (2018) al enfatizar en que aquellas naciones que prevengan el desarrollo de las criptomonedas por la simple razón de estar reacios ante una nueva rama tecnológica, muy probablemente se perderán de los avances que traerá consigo la tecnología de blockchain. Empero, sí resulta necesario cierto tipo de contrapeso ante este gigante de consumo, por lo que debe analizarse cómo proceder con cautela.

Una primera opción resulta en el gravamen de las bitcoins como tales. Esta idea presenta problemas desde su origen, pues todavía no se tiene claro cómo debe categorizarse una criptomoneda. Como esta no es establecida por el gobierno de cada nación, no se le puede tratar igual que al dinero fiduciario (al menos no en todas las naciones). Esto ya fue determinado por el gobierno estadounidense en su resolución 2014-21, según nos menciona Blen (2018), no obstante, sí podría analizarse como un activo o título de valor y tratarle como tal (Truby, 2018). También depende en gran medida del para qué de su uso, por lo que existe un costo intrínseco en esta opción que se encuentra en los costos administrativos y regulatorios. Esto hace que esta alternativa sea viable, mas no muy atractiva para el mercado (aunque sí para los detractores de las criptomonedas).

Otra opción muy atractiva es imponerle gravámenes a los equipos necesarios para la criptominería. Esto, según Truby (2018), tendría un efecto directo en la producción e incentivaría que se mude a algo con menor consumo energético. O, en el peor de los casos, implicaría una fuerte fuga de capital hacia algún lugar donde no existan restricciones de este tipo. Por ello, se requeriría de un acuerdo unívoco entre países, el cual no se ve plausible en un futuro cercano. Esta alternativa resulta muy efectiva y debería considerarse, pero es muy delicada en su implementación, ya que no se desea hacer un daño irreparable al mercado de una tecnología tan prometedora como lo es el blockchain.

Debate sobre uso de energías renovables para criptominería

Dado que los involucrados se han mostrado reacios a la mayoría de las alternativas presentadas, resalta la idea de utilizar energía renovable para el proceso de criptominado. Esto podría reducir en sobremanera la huella de carbono de las criptomonedas, así como colaborar con la idea general de una transición necesaria hacia lo sostenible. De ser posible, la utilización de energías limpias cambiaría el futuro de Bitcoin y demás, dándoles así una mejor ruta a seguir. Empero, los expertos no están totalmente convencidos sobre la viabilidad de utilizar energías renovables; esto porque, a pesar de ser una mejor opción, la energía renovable no necesariamente es la de menor costo, por lo que no todos recurrirán a ella. Por ejemplo, en el caso de China, el país con la mayor producción de Bitcoins, los

defensores de las criptomonedas aseguran que muchos han migrado su producción hacia las regiones donde la energía hidroeléctrica abunda. Esta, sin embargo, se ve afectada por diversos factores climáticos y no resulta ser un método perenne en el transcurso del año, por lo cual recurren a métodos no tan eco-amigables. (de Vries, 2019) Asimismo, la mayor parte de la producción china continúa siendo por métodos convencionales no sostenibles, prueba de que el problema está lejos de ser solventado.

Energy Source	Asia-Pacific	Europe	Latin America and the Caribbean	North America
Hydroelectric	65%	60%	67%	61%
Natural gas	38%	33%	17%	44%
Coal	65%	2%	0%	28%
Wind	23%	7%	0%	22%
Oil	12%	7%	33%	22%
Nuclear	12%	7%	0%	22%
Solar	12%	13%	17%	17%
Geothermal	8%	0%	0%	6%

Source: University of Cambridge

Editor's note: Numbers in each column are not meant to add to 100%

Imagen 4 : Tipo de energía renovable utilizada por criptomneros en 4 regiones del mundo (Lu, 2021)

A nivel global, según datos de la Universidad de Cambridge (2020) muestran que, de todo el consumo energético de las criptomonedas, apenas un 39% hace uso de fuentes renovables. Además, de acuerdo con las cifras de Digiconomist (2020), la huella de carbono de Bitcoin –exclusivamente– es de 48,52 MtCO₂ (toneladas métricas de CO₂) al año. Esto es comparable a la huella de toda la nación búlgara. Asimismo, por cada transacción de BTC se obtiene el equivalente a la huella de carbono de 1 013 826 transacciones de VISA (Digiconomist, 2020). Por tanto, es notorio el problema latente y se necesitaría una pronta transición a algún método más sostenible.

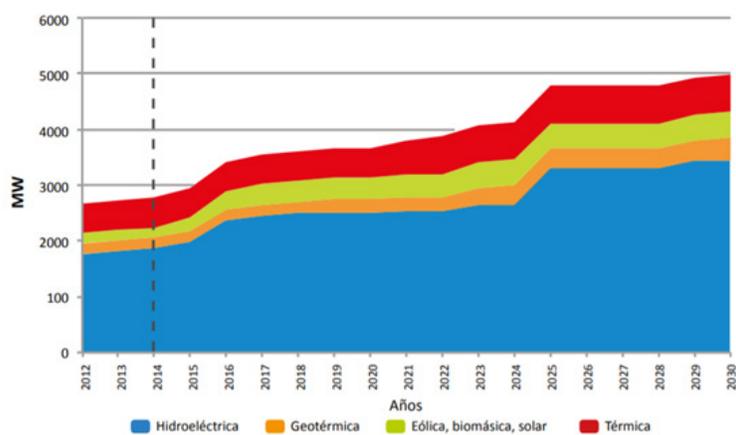
De Vries (2019) debate la idea de que la energía renovable sea la solución al problema de sostenibilidad de las criptomonedas. Para ello presenta dos razones fundamentales, ante las cuales no se ha planteado ninguna solución aparente.

En el primer caso se habla –como anteriormente se enfatizó– del costo de la energía limpia. Para que esta asuma la totalidad –o, por lo menos, la mayoría– del criptominado, se necesita que las naciones con mayores recursos para extracción eléctrica sostenible utilicen una porción de estos para la tecnología de blockchain. Esto no se ha dado debido a que esta no se encuentra formalmente regulada y muchas personas se encuentran hurañas a la transformación de los medios convencionales de moneda o de activos. Es decir, el grueso de individuos carece de suficiente confianza en la criptominería como para dedicar los recursos a ella.

En segundo lugar, de Vries habla de la contaminación producida por la maquinaria requerida para el proceso de criptominado. Todo elemento físico involucrado en el proceso es, a su vez, un producto con vida finita. Cuando esta maquinaria alcance su vida útil, se convertirá en basura electrónica y debe buscarse un método para deshacerse de ella. Este problema será parte de la huella de carbono de las criptomonedas, mas no puede ser solucionado por medio de la implementación de energías renovables, por lo que esta demuestra no ser la solución al problema presente.

Gráfico 13.

Costa Rica: potencia instalada y proyectada por tipo de fuente según el Plan de Expansión de la Generación del ICE, 2012-2030.



Nota: se incorpora el proyecto hidroeléctrico El Diquís en el 2025.

Fuente: Plan de Expansión de la Generación 2014-2035 (Instituto Costarricense de Electricidad), 2014.

Imagen 5: Potencia proyectada por energías renovables proyección a 2030, gráfico 13 (MINAE, 2015)

Empero, podría hablarse de esta alternativa como un paliativo más que razonable para el período en el cual se asienta la tecnología de blockchain en la sociedad. Es decir, mientras esta es debidamente calificada, aceptada socialmente y modificada hacia la sostenibilidad, una excelente opción sería producirla con energía renovable. Por lo tanto, al menos a corto plazo, la energía renovable sí puede ser una alternativa viable, aunque debe tenerse muy claro que por medio de esta no se va a alcanzar la solución al quid de esta problemática.

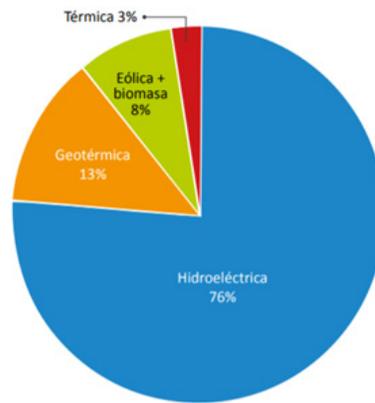
Potencial de energías renovables en Costa Rica para criptominería

Dado todo lo anterior, ¿qué sucedería si existiese un país con energía renovable sobrante? Pues la respuesta es simple: este podría convertirse en el nicho perfecto para la producción de criptoactivos; si y solamente si este cuenta con un precio competitivo de la energía. Esta situación se asemeja a la utopía, mas no está lejos de ser una realidad. El mejor ejemplo de ello es la nación costarricense.

La presidencia de Costa Rica, por medio de los datos del CENCE, comunicó en el 2020 que la nación centroamericana acumula seis años consecutivos con un porcentaje cercano al 100% de la energía del país compuesta por energía de fuentes limpias. Este hito también se complementa con lo alcanzado en el 2015, año en el cual el país contabilizó más de 70 días de abastecimiento totalmente sostenible y limpio; es decir, haciendo uso únicamente de energías renovables. (ICE, 2015) Ello es prueba contundente de los recursos que posee la nación en el ámbito energético, los cuales presentan muchas vertientes en cuanto a las posibles vías de utilidad.

Gráfico 14.

Costa Rica: Estructura de la matriz de generación eléctrica proyectada por el ICE, 2014-2030.



Fuente: Plan de Expansión de la Generación 2014-2035 (Instituto Costarricense de Electricidad), 2014.

Imagen 6 : Matriz de generación eléctrica por energías renovables proyección a 2030, gráfico 14 (MINAE, 2015)

Además, es menester mencionar que existe un malestar por parte de muchos productores debido a que se está desperdiciando energía debido al monopolio estatal existente en esta nación, cuando podría buscarse un nuevo método para aprovechar esta. Esta situación ya fue analizada por la OCDE (2020), organización que recomienda a Costa Rica la apertura de cualquier tipo de producción monopólica presente para incentivar la creación de un mercado competitivo en el sector energético y, así, buscar el mayor beneficio social para la población. Empero, mientras esto no suceda, los productores se encuentran a la deriva y con un sobrante de energía por gastar.

Tal fue el caso de Kopper Orlich –como se destaca en la nota elaborada por Lara (2021)– quien es dueño de una hidroeléctrica en Costa Rica. Él se encontró con que el Instituto Costarricense de Electricidad, único comprador de energía de Costa Rica, no estaba necesitando de sus servicios, por lo que su energía se iba a malgastar de no ser utilizada en otra alternativa. Ante ello se le presenta la oportunidad de alquilar sus instalaciones para el criptominao de Bitcoin y otras, con lo cual pudo sostener su negocio sin la necesidad de ser contratado nuevamente por el ente estatal. Un caso como este presenta un panorama alentador para muchos productores nacionales que se han visto en la misma encrucijada debido a la arcaica organización presente del sistema eléctrico costarricense.

Esta alternativa no ha sido asumida por muchos debido a la incertidumbre presente con respecto a las criptomonedas en Costa Rica, república en la cual no ha habido un pronunciamiento oficial por parte de la presidencia respectiva. La única entidad que sí ha procedido a pronunciarse es el Banco Central de dicha nación, el cual fue enfático en que no considera a las bitcoins ni a otras criptomonedas como divisas. Asimismo, aclaró que no considera sostenible el modelo actual que manejan estas para la producción debido al gran consumo energético y la huella de carbono que producen. (Alfaro y Muñoz, 2019)

No obstante, desde la perspectiva de la legalidad, las criptomonedas son completamente lícitas. Aún más, ya existen comercios en este país centroamericano que los aceptan como medio de pago. También cabe destacar la tendencia presente en las demás naciones del orbe, las cuales han procedido a clasificar legalmente a las criptomonedas, ya sea como divisa o como activo digital. O, incluso, naciones como Inglaterra –de acuerdo con Jones y Milliken (2021)– ya tienen a su banco central considerando la opción de crear su propia criptomoneda para facilitar el intercambio en la coyuntura actual.

Si se vuelve al caso costarricense, también se destaca que el Instituto Costarricense de Electricidad estipula, en su plan de acción para afrontar la denominada Cuarta Revolución Industrial, que uno de los bastiones de este nuevo período que se afronta es la tecnología de blockchain (ICE, 2019). Además, el Grupo ICE plantea esto como uno de los métodos de digitalización recomendables para enfrentarse al futuro, lo cual, toma aún más importancia en la coyuntura de la pandemia, dado que el distanciamiento social requerido ha sido un incentivo de peso para incorporar cualquier instrumento de virtualización. Por lo tanto, a pesar que existe un cierto nivel de resistencia para la inclusión de criptomonedas en la sociedad, ya se están tomando pasos graduales hacia su incorporación, no solo por parte de la población en general sino por instituciones, compañías grandes y PYMES, además que existen las condiciones para inmiscuirse en el

proceso de criptominería desde una perspectiva limpia en la nación costarricense.

Bibliografía

- Alfaro, A. & Muñoz, E. (2019). Criptoactivos: análisis e implicaciones desde la perspectiva del Banco Central de Costa Rica. Banco Central de Costa Rica, Investigaciones Económicas. <https://repositorioinvestigaciones.bccr.fi.cr/handle/20.500.12506/319>
- Bhardwaj, C. (2019). A 14 Minute Guide to Understanding Blockchain Consensus Algorithms. Blockchain Development Lab, Octubre. <https://appinventiv.com/blog/blockchain-consensus-algorithms-guide/>
- Blandin, A; PierTERS, G; Wu, Y; Eisermann, T; Dek, A; Taylor, S. & Njoki, D. (2018). 3rd Global Cryptoasset Benchmarking Study. University of Cambridge, Judge Business School. <https://www.jbs.cam.ac.uk/faculty-research/centres/alternative-finance/publications/3rd-global-cryptoasset-benchmarking-study/>
- Blen, M. (2018). Los Bitcoins y su tratamiento fiscal. El Financiero, Enero. <https://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/los-bitcoins-y-su-tratamiento-fiscal/TJHL4CFKSJHXLGNBZGD6KEVV7I/story/>
- Casa Presidencial. (2020). Costa Rica suma sexto año consecutivo con más de 98% de generación eléctrica renovable. Casa Presidencial. Recuperado de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/12/costa-rica-suma-sexto-ano-consecutivo-con-mas-de-98-de-generacion-electrica-renovable/>
- Coindesk (2021). Bitcoin Price. <https://www.coindesk.com/price/bitcoin>
- Criddle, C. (2020). Bitcoin consumes “more electricity than Argentina”. BBC News, Febrero. <https://www.bbc.com/news/technology-56012952>
- Digiconomist (2021). Bitcoin Energy Consumption Index. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/>
- Ethereum (2021). What is ETH2? <https://ethereum.org/en/eth2/>
- Frankenfield, J. (2021). Proof of Stake (PoS). Investopedia, Cryptocurrency, Abril. <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp>
- Hertig, A. (2020). What is Proof-of-Work?. Coindesk. <https://www.coindesk.com/what-is-proof-of-work>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2015). Costa Rica: Matriz Eléctrica, un modelo único en el mundo. Grupo ICE. Recuperado de: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/8823524c-7cc7-4cef-abde-a1f06e14da0e/matriz_folleto_web2.pdf?MOD=AJPERES&CVID=i8SK4gG
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). Estrategia 4.0. Grupo ICE. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/79d84663-b949-460d-b051-ca65d63c0156/Estrategia+4.0+QR+peq.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mKLaQ6C>
- Kumar, T. (2020). What are the alternative strategies for proof-of-work? Blockchain Council. <https://www.blockchain-council.org/blockchain/what-are-the-alternative-strategies-for-proof-of-work/>
- Lara, J. (2021). Hidroeléctrica privada condenada al cierre por ICE enciende de nuevo gracias al bitcóin. La Nación, Abril. https://www.nacion.com/el-pais/servicios/planta-privada-condenada-al-cierre-por-ice/253HQX6EWBAN3FFBAENT7A2TXM/story/?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter
- Lu, M. (2021). Visualizing the Power Consumption of Bitcoin Mining. Visual Capitalist, Energy, Abril. <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-power-consumption-of-bitcoin-mining/>
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. PNUD, 1 ed., San José, Costa Rica. <https://sepse.go.cr/politica-nacional/politica-energetica/>
- OCDE (2020). Estudios económicos de la OCDE: Costa Rica 2020. OCDE. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c928fcc8-es/index.html?itemId=/content/component/c928fcc8-es>
- Ogino, O. (2021). Proof of Stake. Ethereum, Abril. <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/>
- Rooks, T. (2021). ¿Por qué el bitcoin necesita más energía que países enteros? DW, Economía. <https://www.dw.com/es/por-qué-el-bitcoin-necesita-más-energ%C3%ADa-que-pa%C3%ADses-enteros/a-56590456>
- Serrano, S. (2018). ¿Qué diferencia a Bitcoin del dinero fiduciario? Economía hoy. <https://www.economiahoy.mx/economiahoy/opinion/noticias/9324618/08/18/Que-diferencia-a-Bitcoin-del-dinero-fiduciario.html>
- Truby, J. (2018). Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies. Energy Research and Social Science Vol. 44, Octubre. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629618301750>
- University of Cambridge (2020). Electricity consumptions comparisons. Judge Business School. <https://cbeci.org/cbeci/comparisons>
- Vanci, M. (2021). Ether será más valioso que bitcoin cuando Ethereum 2.0 esté listo, según analista. CriptoNoticias, Comunidad, Marzo. <https://www.criptonoticias.com/comunidad/ether-valioso-bitcoin-ethereum-2-0-este-listo-analista/>
- Vries, A. (2019). Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem. Joule, Vol. 3, Issue 4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254243511930087X>
- Won, D. (2020). Proof of Work vs. Proof of Stake in Simple Terms. Exodus Blog, Marzo. <https://blog.exodus.com/blog/proof-of-work-vs-proof-of-stake/?mAvg=0&mAvg=0&mAvg=0&mMedian=0&mMedian=0&mMedian=0&mMedian=0&mScl=log&mScl=log&mScl=log&mScl=lin&miner=&miner=-&miner=&resolution=24h&resolution=24h&resolution=24h&resolution=24h&s=1587686054&u=1619222054&zoom=365>

- Hernández, M. & García, M. (2020). El rol de la moneda y criptomoneda social en el nuevo contexto económico, social y digital. Universidad de Sevilla, España. Recuperado de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/104256/rol%20de%20la%20moneda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Molina, E. (2020). El dinero, el capital ficticio y las criptomonedas: su impacto en la economía mundial. Revista Política Internacional, N°5, Marzo. Recuperado de http://rpi.isri.cu/sites/default/files/2020-04/Revista%20Trimestral%20No.5%20Enero-Marzo_10.pdf#page=45
- Moorefield, M. & Owen, R. (2021). Introduction to cryptocurrency and blockchain. Regions Asset Management, enero. Recuperado de <https://www.regions.com/-/media/pdfs/wealth-management/Intro-to-Cryptocurrency-and-Blockchain---2021-Update.pdf?revision=f68ec570-04bc-440b-9096-d52c0e131ec0&la=en&hash=23DB9DE96DE609B4FE3B420F8BC0FD83>
- Pérez, E. (2021). Monederos de criptomonedas en 2021: del almacenamiento en línea al fuera de línea. CoinTelegraph. Recuperado de <https://es.cointelegraph.com/news/crypto-wallets-in-2021-from-hot-to-cold-here-are-the-options>
- Pérez, H. (2021). Los mejores monederos de criptomonedas en 2021. Diario Bitcoin, marzo. Recuperado de <https://www.diariobitcoin.com/criptomonedas/los-mejores-monederos-de-criptomonedas-en-2021/>
- Purk, L. & Heger, D. (2021). Bitcoin, cryptocurrencies and blockchain. Edward Jones, enero. Recuperado de <https://www.edwardjones.com/sites/default/files/acquiadam/2021-02/bitcoin-cryptocurrencies-and-blockchain-ca.pdf>
- TrustInvesting(2020). Guíacriptoandblockchain. Recuperadodehttps://content.web-repository.com/s/42383439808889961/uploads/Pagina_1/Guia_Criptomonedas__Blockchain-5121143.pdf

Blockchain

Romero (2019), en su artículo “Entendiendo el blockchain”, para el Consejo Monetario Centroamericano, define el blockchain como:

“En esencia, un blockchain o cadena de bloques es un registro de transacciones, el cual está a su vez fragmentando en bloques secuenciales de información, los cuales están vinculados entre sí por medio de algoritmos cartográficos.”
(Romero, 2019)

Esta tecnología es utilizada alrededor del mundo para el seguimiento de bienes, activos, contratos, etc. Pero en especial, para esta investigación, es importante su entendimiento e identificación ya que esta es la tecnología detrás de la mayoría de las criptomonedas, las cuales, por medio del blockchain certifican las transacciones de las monedas desde el momento de su origen hasta su último propietario.

Si bien, esta tecnología ya es utilizada alrededor del mundo, no se ha popularizado en un nivel de importancia, esto se puede deber a que la idea central de esta tecnología – o mejor dicho, su potencial – se encuentra en la descentralización de la fiscalización de la información.

En el mundo financiero, todas las transacciones son verificadas por una sola entidad – un banco –. Al estar monopolizada la fiscalización de la transacción, no solo se centralizan los costos de transacción en una sola entidad, sino que los fondos también – esto es lo que permite el otorgamiento de préstamos –, al estar todo centralizado en un nodo central, el sistema se vuelve sumamente vulnerable, ya sea a ataques informáticos como quiebras bancarias.

Las criptomonedas resuelven esta situación por medio de la descentralización del registro de valor. A esta descentralización se le llama distributed ledger o libro mayor distribuido.

Romero explica que:

“El distributed ledger fue concebido como un mecanismo para descentralizar el registro de valor que usualmente desempeñan las instituciones financieras tradicionales, registro que resulta indispensable para la correcta operación de los sistemas de pagos.” (Romero, 2019)

El sistema blockchain utilizado para la mayoría de criptomonedas es un sistema descentralizado, es decir, las cadenas de bloques son compartidas por muchos usuarios, los cuales no se conocen entre sí. (Romero, 2020) Al ser un sistema colaborativo, toda la información recopilada de las transacciones es pública, y, además, almacenada en múltiples computadoras, haciendo que el problema de un ataque informático en un ordenador sea inútil para generar un verdadero ataque al sistema.

Entendiendo su función y su colaboración, es importante describir más profundamente el funcionamiento del blockchain.

El funcionamiento del blockchain empieza con la construcción de un software específico. Así lo explica Bit2me Academy en su artículo “¿Cómo funciona el Blockchain- Cadena de Bloques?”:

“Para que la tecnología blockchain funcione es necesario en primer lugar crear un software específico para la misma. Este software permite a los ordenadores crear la red que hará funcionar la blockchain de forma distribuida. Tal cual como sucede en el caso del software de Bitcoin y otras criptomonedas. Generalmente, este software es de carácter abierto y protegido con licencias de software libre. Esto implica que son públicos, transparentes y pueden ser usados, revisados y contribuidos por cualquier persona.” (bit2me Academy, 2020.)

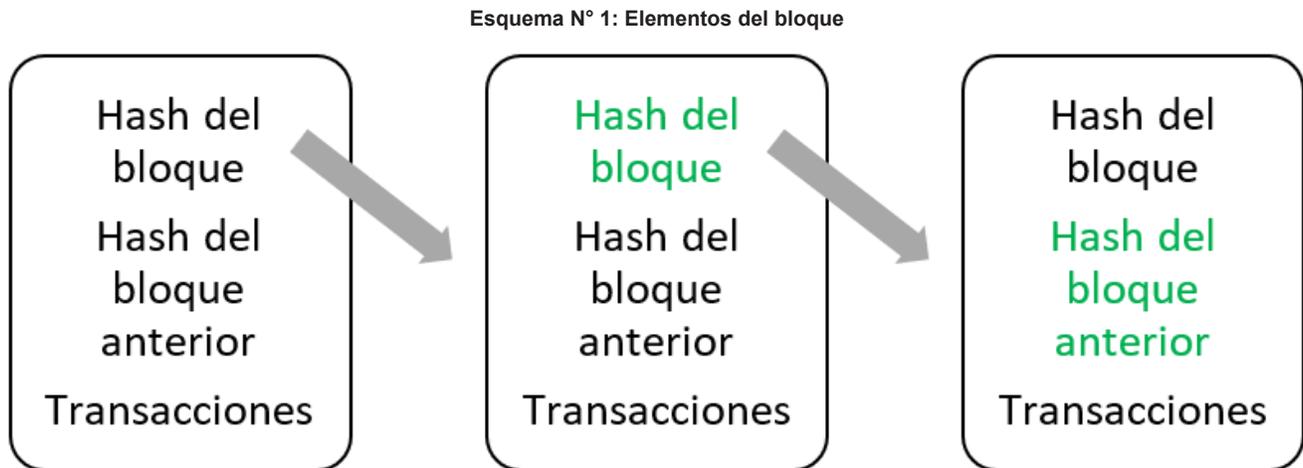
Son varios los elementos que hay que explicar para comprender la estructura y el funcionamiento del blockchain, los cuales se presentan a continuación:

El bloque

Cada bloque es un conjunto de información, en el caso de las criptomonedas, informaciones de transacciones. Los bloques están unidos (como una cadena) por medio de información. Cada transacción genera un nuevo bloque, con información del bloque pasado e información actualizada.

Hay también un bloque que le da inicio a todo, llamado bloque generatriz.

A continuación, se presenta una ilustración gráfica de un bloque (parte de la cadena de bloques):



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AMD (2019)

Los elementos dentro del bloque son:

Transacciones

Como se mencionó con anterioridad, cada bloque tiene el registro de todas las transacciones realizadas a lo largo del tiempo.

Hash

Hay dos códigos hash, el del bloque anterior (relacionado con la transacción anterior), y el propio del bloque. El hash es un valor, el cual es el resultado del hashing.

El hashing es descrito por Mukherjee (2019) en "Hashing vs Encryption — The Big Players of the Cyber Security World", como el proceso de transformar una variable en un en una matriz de números y letras de tamaño fijo mediante una función matemática. El proceso del hashing se puede observar en el siguiente esquema:

Esquema N° 2: Proceso generador del hash



Fuente: Elaboración propia a partir de Mukherjee (2019)

Existen diferentes algoritmos con los cuales se llega a generar el hash. (Algoritmos del proceso de hashing). Lo importante, más allá de comprender las características de cada uno de los algoritmos, es la identificación que el hash es el resultado de la transformación de una serie de información, por medio de un algoritmo matemático, generando una serie de caracteres, con una longitud determinada. Estos caracteres generan un código único e irrepetible.

Lo que hace seguro el sistema radica en que la construcción de cada bloque genera un hash, el cual a su vez está compuesto con las

transacciones acumuladas hasta el momento y del hash del bloque de la transacción anterior.

Mineros

Los mineros se encargan de la verificación de las transacciones. Su actividad, específicamente para cadenas de bloques relacionadas a criptomonedas, es la criptominería. De este elemento se hablará a más profundidad a lo largo de este documento.

Nodos

Los nodos son centros de almacenamiento de la información, ordenadores, por ejemplo, los cuales por medio de un software mantienen actualizada la información sobre los bloques. Esta estructura es parte esencial del sistema de blockchain de las criptomonedas, para la descentralización de la información.

Ahora, ¿Cómo funciona esta tecnología sobre las criptomonedas? Ejemplificando esta situación:

El proceso es sencillo. Cada grupo de transacciones pendientes de verificar se conglomeran en un bloque, este bloque se interconecta en una cadena, y contiene información del bloque anterior al cual se incorporó en dicha cadena. Este nuevo bloque contiene un código: un hash, el cual es construido con la información tanto de las transacciones como con el hash del bloque anterior. Este proceso sucede consecutivamente, y la conexión de bloques, por medio de los hashes, va aumentando la cadena, que hace identificable y rastreadable todo el recorrido de las criptomonedas.

Si algún individuo quisiera sabotear el sistema, para beneficio propio, la descentralización del sistema hace que esto sea fácilmente detectable y solucionable, debido al distributed ledger.

Como ya se ha mencionado, este proceso necesita de una fiscalización y verificación, y debido a que la naturaleza de las criptomonedas es la descentralización, no existe una entidad en particular que revise las transacciones, sino que son individuos que, por medio de la criptominería, prestan sus equipos informáticos a cambio de un beneficio para la realización de esta actividad.

La criptominería es la actividad que se pretende desarrollar a lo largo de esta investigación, por lo que a continuación se presenta un apartado específico para el entendimiento de esta.

Criptominería

Dado que las criptomonedas utilizan el proceso de blockchain para sus procesos de validación y seguridad. Entendiendo que cada bloque es una transacción, es necesario una estructura que verifique y valide cada uno de ellos y garantice la seguridad y el funcionamiento del sistema.

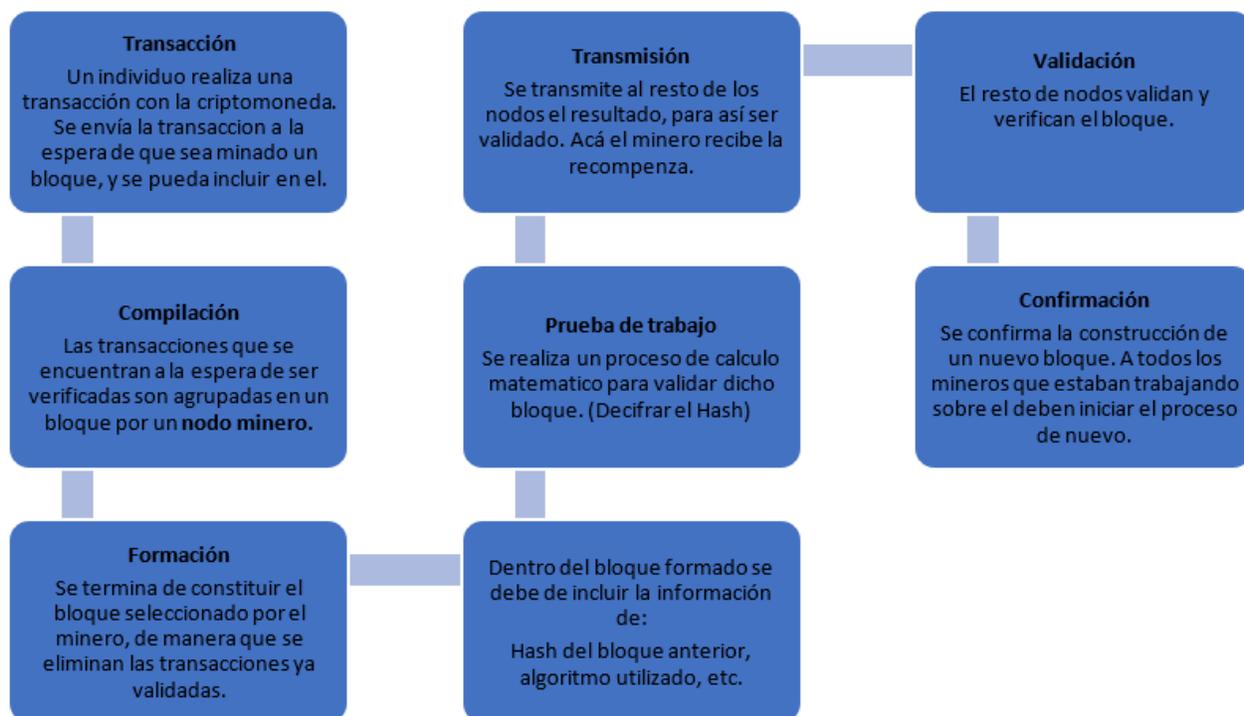
Esta estructura se realiza de manera colaborativa, por medio de la actividad llamada criptominería (en ocasiones también se le llamará simplemente minería, sabiendo que dentro de este marco constructivo se hace referencia específicamente a la minería de criptomonedas) en donde individuos de todo el mundo prestan el servicio tecnológico de validación a cambio de una remuneración dada en la misma criptomoneda sobre la cual se trabaja.

Crane (2020) en su artículo "What Is Crypto Mining? How Cryptocurrency Mining Works" define el proceso de la criptominería como:

"(...) un proceso transaccional que implica el uso de computadoras y procesos criptográficos para resolver funciones complejas y registrar datos en una cadena de bloques. De hecho, existen redes completas de dispositivos que están involucrados en la criptominería y que mantienen registros compartidos a través de esas cadenas de bloques. (Crane, 2020. Traducción propia)"

Ya habiendo comprendido la estructura del blockchain, dado que la criptominería es parte del proceso como un todo, a continuación, se presenta un esquema que explica el proceso que conlleva el desarrollo de la cadena de bloques y la participación de la minería en este proceso.

Esquema N° 3: Proceso de la criptomonera



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de bit2me Academy (2020)

El proceso de la criptomonera respecto al blockchain, comienza cuando un individuo realiza una transacción con la criptomoneda, esta transacción pasa a hacer fila para ser compilada en un bloque (mediante un nodo minero) y que este sea minado. Conforme se termina de construir el bloque, se van eliminando las transacción que está siendo validadas; esto en orden de prioridad según el hash asignado por el minero a la transacción.

Este nuevo bloque formado incluye toda la información del hash del bloque anterior, número de transacciones, valores, algoritmo usado y demás datos que se mencionaron anteriormente. Esta información es recibida por múltiples mineros que se encargan de validar y verificar el bloque de manera conjunta; posteriormente, el bloque validado se confirma y como resultado, todos los mineros que trabajaban en el mismo, deben volver al inicio del proceso.

Como se apuntó anteriormente, el minado (criptomonera) constituye un paso fundamental en la edificación de los blockchains. Esta metodología para sistematizar la información de manera descentralizada supone una solución a dos grandes problemas que expone Montoya (2016): la inseguridad de un sistema centralizado ante posibles amenazas o crisis, y la desconfianza derivada de la falta de transparencia durante los procesos realizados. Así la estructura de las cadenas de bloques ha permitido la construcción de acuerdos y consensos entre la comunidad involucrada.

En la primera sección de este documento se ahonda sobre la composición de cada bloque del blockchain (información sobre una nueva transacción, junto con los datos de movimientos anteriores). En el procedimiento de incluir un nuevo bloque a la cadena, reside la necesidad de la minería. Montoya (2016) explica que “La inclusión del próximo bloque de la cadena se realiza mediante un sistema de prueba de trabajo conocido como “minar” (p. 33). Esta prueba de trabajo facilita que de forma consensuada, se establezca y asegure la validez, autenticidad, y no repetición de información dentro de la base de datos pública.

De tal forma, se trata de un “libro de contabilidad digital” que se va redactando colectivamente. Un repositorio de información, que gracias a los esfuerzos de minería realizados por los diversos nodos, ofrece plena disponibilidad de la información incluida de manera cronológica y transparentemente. Esto sin olvidar que, como apunta Montoya (2016), se trata de material completamente encriptado; no puede ser modificado, sino que solo puede ser actualizado a través del proceso de autenticación que implica la minería.

Existen dos beneficios que recibe el individuo que realiza el minado:

- El beneficio brindado propiamente por la criptomoneda

Es decir, Bitcoin, por ejemplo, promete “x” cantidad de Bitcoins por cada bloque minado.

- Comisiones de las transacciones realizadas por el minado.

Estas son comisiones realizadas por los individuos que realizan las transacciones.

El proceso anterior descrito por el esquema N° 3 es en esencia el proceso utilizado por la mayoría de las criptomonedas, lo que varía, en su mayoría, es el algoritmo utilizado para encontrar el Hash, la recompensa brindada por formar un bloque y el software necesario para realizar la criptominería.

A continuación, se presenta un cuadro con las cinco criptomonedas más importantes para el 2021 (por su valor de mercado), en donde se explica brevemente las diferencias en ellas en cuanto aspectos relacionados al criptominado.

Cuadro N° 1: Principales criptomonedas por capitalización de mercado y su característica de minado

Nombre	Cap. de Mercado (24/8/2021)	Características de Minado
 Fuente: imagen recuperada de amazon.com https://www.amazon.com/-/es/BITCOIN-	\$908,085,091,226	Se utiliza el modelo “Proof of work” utilizando el algoritmo HashCash y la función hash SHA-256 para el trabajo informático. Debe minarse con ASIC. Las comisiones de cada transacción dependen de la complejidad de la misma. La transacción que manejan estos fondos solamente puede ser gastada al cumplirse 100 confirmaciones.
 Fuente: imagen recuperada de 1000 marcas	\$374,373,596,652	El proceso de la minería es similar al de bitcoin, pero se paga por este proceso a los mineros, además que no tiene una cantidad límite de ethers, por lo que es una emisión inflacionaria. Utiliza la misma prueba que bitcoin pero usa el algoritmo Dagger-Hashimoto (Ethash) y la función hash Keccak. Genera un nuevo bloque cada 10-20 segundos. La mayor diferencia radica en el gas o potencia de cómputo a consumir dentro del motor llamado Ethereum Virtual Machine (EVM) La escalabilidad llega hasta 16-20 transacciones por segundo.
 Fuente: imagen recuperada de	\$86,710,006,599	No usa el mecanismo de prueba de trabajo; utiliza un protocolo llamado Ouroboros y basado en la prueba de participación, protocolo que divide el horario en “ciclos” de trabajo que duran aproximadamente 5 días. Cada uno de estos ciclos tiene un líder previamente elegido que es capaz de crear y verificar los bloques de la blockchain. Si ocurre que el líder falla a la hora de crear y verificar un bloque, el líder del siguiente ciclo toma el control. Es importante notar que el protocolo de prueba de participación recompensa a los usuarios según su disponibilidad y de la capacidad de verificar transacciones.

<p>Binance Coin (BNB)</p>  <p>Fuente: Imagen recuperada de coinmarketcap.com https://coinmarketcap.com/es/currencies/binance-coin/</p>	<p>\$79,643,416,444</p>	<p>Binance Coin utilizaba la cadena de bloques de Ethereum y el sistema de moneda BEP2 BNB que tiene la capacidad de almacenar valor.</p> <p>Es preminado, lo que significa que se distribuyó en su totalidad en el ICO. El 50 % de las monedas fueron para los participantes del mismo, el 40 % para el equipo y el 10 % para los inversores.</p> <p>Además, utiliza una cadena de bloques descentralizada por lo que se tiene completa inmutabilidad.</p>
<p>Tether (USDT)</p>  <p>Fuente: Imagen recuperada de coinmarketcap.com https://coinmarketcap.com/es/currencies/tether/</p>	<p>\$65,006,146,178</p>	<p>Utiliza el protocolo omni. Este protocolo se ejecuta de forma incrustada sobre una blockchain. A diferencia de otras criptomonedas, USDT no puede ser minado, debido a la equivalencia que mantiene con el dólar por ser stablecoin.</p>

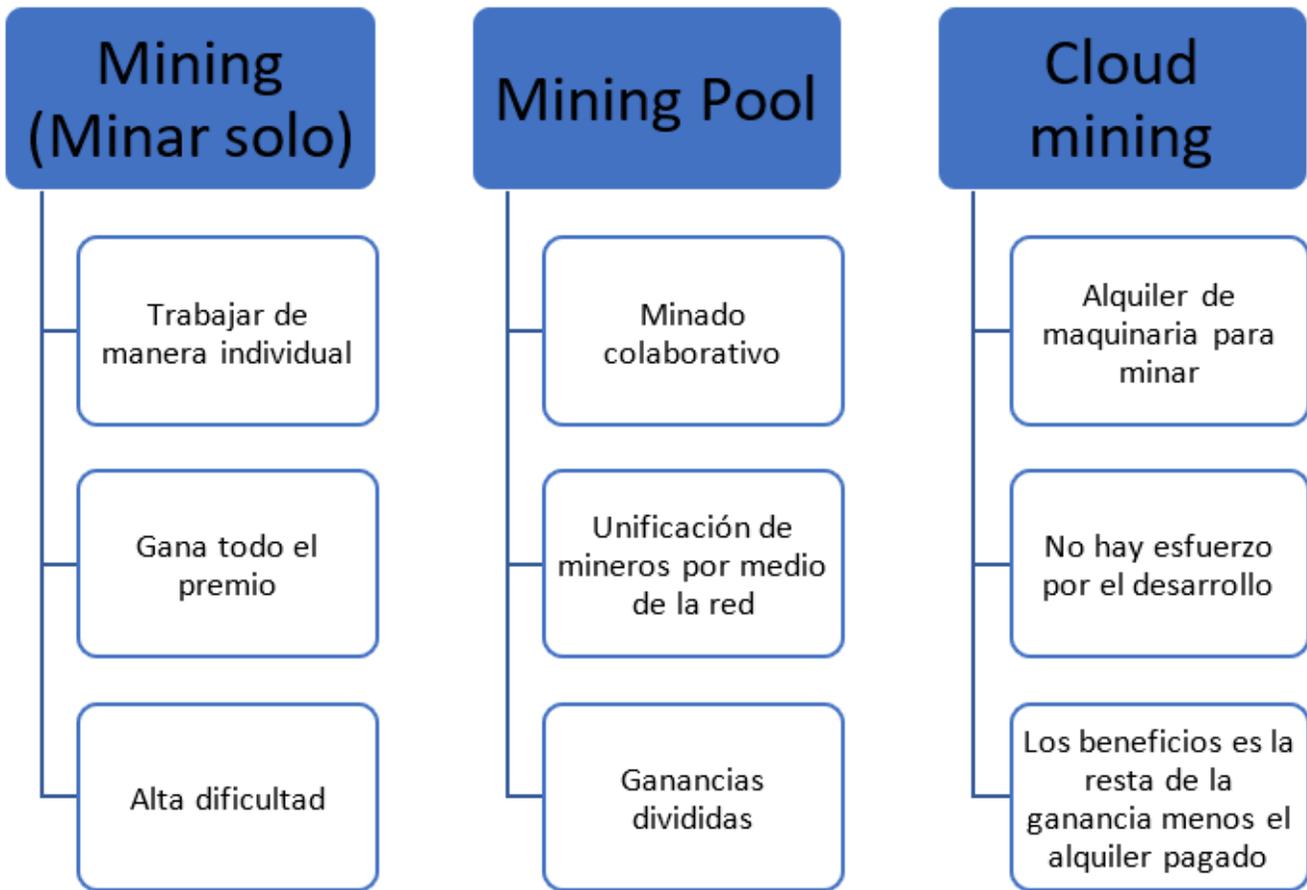
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CoinMarketCap

Una vez entendiendo el desarrollo de la criptominería, procedemos a comprender los procesos necesarios para realizar el minado. Tanto las técnicas para realizarlo, como el software y equipo necesario para su desarrollo.

Maneras de minar

El auge de las criptomonedas ha generado que cada vez más individuos participen en el proceso del minado, y con esto, que la complejidad del mercado de criptominería aumente. De la mano de este crecimiento, los procesos de minado y los equipos utilizado se han complejizado, haciendo que una actividad que se podía realizar en la casa, con una computadora regular, ahora necesite de un equipo especializado, a cierta escala, y de softwares avanzados, puesto que lo que era una colaboración de verificación se convirtió en una competencia por ver quien se deja el premio. Esto ha disminuido la democratización del acceso al minado, como era en un inicio su objetivo en aras de la descentralización.

Acompañado de este crecimiento, también nacen alternativas de minado, como lo muestra el esquema N° 4:



Fuente: Elaboración propia a partir de Lizano, A & Barrantes, R (2019)

Como lo muestra el gráfico anterior, son tres las principales maneras en las cuales se puede desarrollar el minado de criptomonedas.

Primero, minar solo. Esta modalidad ha ido perdiendo cabida en individuos con equipos de potencia baja y media, ya que, como se mencionó con anterioridad, el crecimiento del interés en la población mundial por las criptomonedas ha generado que cada vez más personas desarrollen esta actividad, e inclusive, ha estimulado esta actividad como una nueva industria en algunos países, donde existen grandes granjas de minería, con potencias de minado sumamente altas, las cuales se dejan el premio y hacen que esto no sea atractivo para equipos menos potentes. Posteriormente se explicarán sus dificultades.

Por supuesto, lo anterior es cierto dependiendo de la criptomoneda. Bitcoin, por ejemplo, ha crecido tanto que ha generado que el desarrollo de minería sea casi que solo en gran escala.

Dado lo anterior, nació la necesidad de parte de individuos con equipos de menor escala, hacia unificarse para mejorar la probabilidad de ganar el premio. Esta necesidad se satisface con el desarrollo de los "pool mining".

Rojas en Lizano & Barrantes (2019), describe el Pool Mining como:

"Son equipos de mineros que se unen en una red determinada para trabajar en conjunto y ampliar la capacidad de procesamiento, esto agiliza la capacidad de resolver una cadena de bloques criptográficos." (Lizano & Barrantes, 2019, p. 76)

Cualquier individuo puede acceder a estos espacios y colaborar con su poder computacional a encontrar el hash y hacerse con el premio. No obstante, existen dos aspectos que se deben de considerar en estos espacios: (1) El premio es dividido entre todos los participantes, proporcional al poder computacional que prestaron para el servicio colaborativo, y (2) existe una comisión que se le debe dar al pool, como parte del servicio de servidor y organización.

Existen tres factores clave para el desarrollo del pool de minería. Bit2me Academy, (2020) Estos se explican a continuación.

Esquema N° 5: Factores claves para el correcto desarrollo del pool de minería

1. Protocolo de trabajo cooperativo

Las criptomonedas permiten el desarrollo de las pools de minería, cada una a su manera. Bitcoin, por ejemplo, permite que se emplee bajo la función *getblocktemplate*

2. Servicio de minería cooperativa

Debe existir un servidor que recopile y distribuya toda la información que se va desarrollando a lo largo del proceso, de esta manera se esta actualizando a todos los colaboradores y aumentar las probabilidades de ganar el premio.

3. Software de minería

Existen diferentes softwares para minar, es necesario que los individuos que deseen unir sus equipos al pool seleccionen un software que se adecue a las características del pool. Esto hace que el trabajo colaborativo sea sencillo y maneje un mismo "lenguaje".

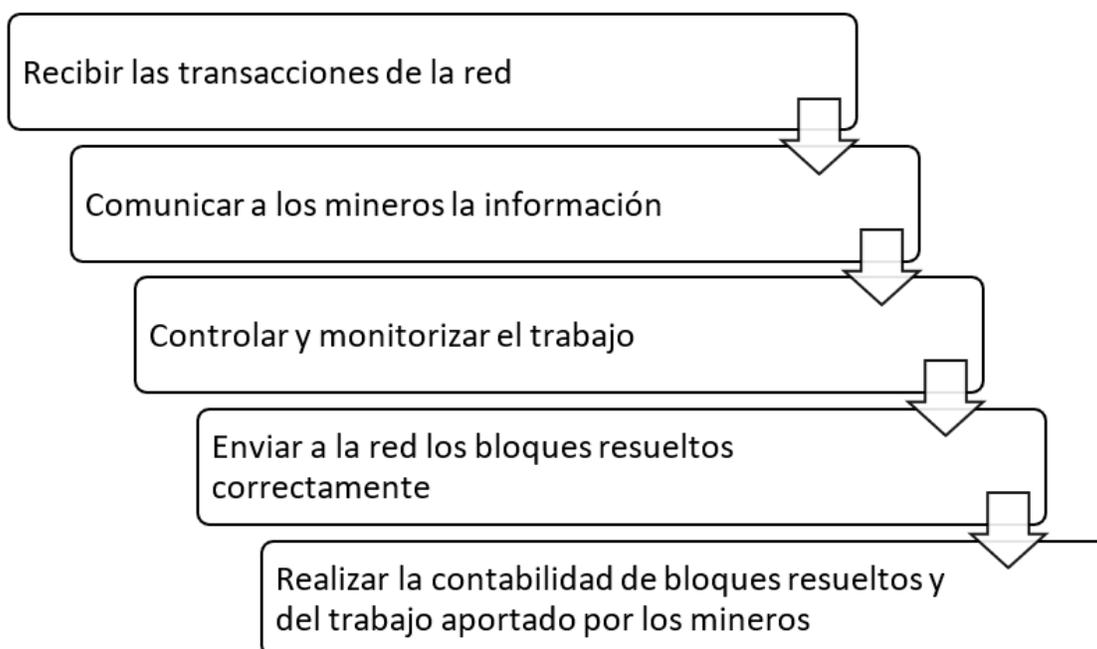
Fuente: Elaboración propia a partir de Bit2me Academy (2020)

Adicional a lo anterior, es importante mencionar dos cosas:

Primero, hay que recalcar que el protocolo de trabajo de las criptomonedas es la parte esencial que permite el desarrollo de la criptominería. Las criptomonedas buscan el trabajo colaborativo para el desarrollo de un sistema seguro y descentralizado, y a su vez, permite el empleo de colaboración también para el minado, con esto, el desarrollo de los pools.

Segundo, es necesario mencionar que, en esencia, el servidor del pool realiza seis funciones principales:

Esquema N° 6: Funciones principales del servidor del pool



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Bit2Me Academy (2020)

El desarrollo de los pools de minería es básicamente la aplicabilidad de la función colaborativa que ya las criptomonedas tienen, solamente que, al servicio de la comunidad, de manera pública, y con el cobro de una comisión que facilita la organización (además de la identificación de los poderes computacionales y una debida distribución de las ganancias). Es posible desarrollar este modelo, por ejemplo, de manera privada, donde un individuo tenga diferentes plantas y unifique sus esfuerzos en uno solo.

A continuación, se presenta un cuadro con algunos de los principales pools de minería en la web, según bit2me, donde además se presentan sus características, tipos de criptomonedas que se pueden minar y comisiones:

Cuadro N° 2: Principales pools de minería en la web

Pool	Características	Criptomonedas	Comisión
AntPool	Pool de minería de Bitcoin más grande en términos de potencia de hash rate. Controlado por el fabricante de mineros ASIC Bitmain. Abierto y gratuito.	Bitcoin Bitcoin Cash, Litecoin, Ethereum, Ethereum Classic, Zcash, Dash, Siacoin, Monero Classic y Bitom.	Comisiones bajas
Nanopool	Sus servidores están distribuidos en todo el mundo, por lo que cuenta con mayor tolerancia a fallos. Seguridad al mismo nivel que Antpool.	Ethereum, Ethereum Classic, Zcash, Monero, SiaCoin, Grin, Raven, Electroneum y Pascal.	Menor al 2%
F2Pool	Interfaz en español simple y fácil de entender Ubicado en China con muchas opciones de minería de altcoins.	Bitcoin, Ether, Litecoin, Zcash, Ethereum Classic, Siacoin, Dash, Monero, Monero Classic, Decred, Zcoin y Verge.	Mayores a las de Antpool pero no sobrepasan el 4%
BTC.com	Conserva el mayor poder de minado del Bitcoin. Cuenta con servidores en China, Estados Unidos y Europa. Ofrece una modalidad de pago FPPS (Full Pay Per Share): La porción correspondiente a cada minero se calcula en base al poder de minado prestado por cada uno de ellos.	Bitcoin, Bitcoin Cash, Bitcoin SV, Ethereum, Litecoin, Decred, Zcash y Nervos Network.	Comisiones del 3.5%
Poolin	Tiene servidores en China y Estados Unidos y ofrece la posibilidad de usar merged mining con Namecoin y Vcash. EL pago se por el método FPPs	Ethereum, Litecoin, Zcash, Hirozen, Decred, DASH, Nervos Network, Bitcoin Cash, Handshake y Student Coin	La comisión es del 4%

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de Criptonoticias(2021) y de de datos de Bit2Me (2020)

Como podemos apreciar, los 5 pool más grandes actualmente, manejan a las dos criptomonedas con más valor actualmente, como lo son el bitcoin y el ethereum, además, las comisiones por trazan criptomonedas son relativamente bajas, lo que refleja los bajos costos de recurrir a un pool y como se mencionó, los beneficios de utilizar uno, son muchísimos gracias al aumento conjunto del poder de minado.

Al haber abarcado el tema del minado por pool, queda pendiente el tercer y último método de minado: cloud mining. Como se mencionó en el esquema N° 4, el cloud mining se trata en esencia del alquiler de equipo computacional, tanto de hardware como de software para realizar el minado por medio de una plataforma digital.

Esto posee ventajas y desventajas, dependiendo del punto de vista. El siguiente cuadro presenta esta información:

Cuadro N° 3: Ventajas y desventajas de la modalidad cloud mining para el minado de criptomonedas

	Arrendante del equipo	Arrendatario del equipo
Ventajas	<p>Minimización de riesgos asociados a:</p> <p>La cantidad de individuos minando.</p> <p>El precio de la criptomoneda.</p> <p>El premio brindado por el trabajo del hash.</p>	<p>Ahorro de los costos de instalación.</p> <p>Ahorro de los costos de mantenimiento.</p> <p>Ahorro de los costos de depreciación.</p> <p>Eliminación de riesgos asociados al equipo. (Incendios, hackeos, etc.)</p>
Desventajas	<p>Se está dependiendo de la demanda del mercado y la necesidad de los individuos por acceder a este servicio.</p> <p>Es parte de un mercado muy grande, por lo que el precio es variable.</p>	<p>Pérdida de capacidad de elecciones (Por ejemplo, la elección de un pool de minería en particular).</p> <p>Se asumen los costos asociados al riesgo.</p> <p>Existe la posibilidad de la suspensión del contrato.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de bitcoin.com (2021)

Debería existir un beneficio mutuo para que exista el servicio de manera sustentable, esto quiere decir que tanto el arrendante como el arrendatario deben de tener un incentivo para el desarrollo de la actividad. Hay un factor que regula el equilibrio en estas ganancias: El precio. ¿Cuál es el precio óptimo al cual se debe alquilar el equipo?

Hay varios factores que afectan el precio al cuál se debe alquilar el equipo. Este precio es una decisión de optimización asociada directamente a la empresa que alquila el equipo. La empresa toma la decisión óptima sujeta a diferentes de costos:

- Costos de depreciación
- Costos de servicios (electricidad, internet, mantenimiento, climatización)
- Costos de espacio físico (alquiler de terreno)

Una vez cubiertos estos costos, la empresa fija su punto de equilibrio con cierto margen de ganancia.

Por otro lado, dependiendo de los beneficios que se obtengan del minado de las criptomonedas en un momento dado, el individuo que alquila su equipo también debería de optimizar su decisión de la siguiente manera:

Beneficios: Beneficio de minado en un momento dado con cierto poder computacional. Estos beneficios son brindados en la criptomoneda de la que se esté participando del proceso de minado.

Costos: Costo de alquiler del equipo de minado y costos de oportunidad de invertir en este equipo y no en otra actividad, por ejemplo, en certificados bancarios.

Quedará pendiente un documento que ejemplifique los procesos de optimización de los individuos, con precios de mercado para un momento dado. A partir de ahí se podría hacer proyecciones del margen de precios al cual se debería alquilar el equipo para que suceda este servicio. (Con incentivos tanto para el arrendante como para el arrendatario)

Continuando con la descripción del cloud mining, existe otro reto para el desarrollo de esta actividad: la credibilidad de la actividad. Existen muchas estafas a lo largo del mundo, en las cuales usan el supuesto desarrollo de la minería de la nube para engañar a los usuarios.

Maldonado (2020), en su artículo “Minería en la nube ¿Mito, Fraude o Realidad?” explica que hay varias formas de minado en la nube en las cuales es fácil detectar la estafa:

- Servicios con plataformas por Telegram o Whatsapp
- Empresas que piden inversiones adicionales al alquiler
- Modelo de negocio que utilice un esquema de referidos (negocio tipo piramidal)

Existe a su vez una serie de mitos que también acompañan la dificultad del desarrollo de la minería en la nube, esto se esquematiza en el siguiente cuadro N° 4:

Cuadro N° 4: Mitos sobre la minería en la nube

Mito	Realidad
No es rentable	Sí, es sumamente rentable, al punto de que el mercado se expande diariamente. La rentabilidad a su vez se puede observar en la trayectoria de algunas plataformas de minado.
Es una estafa	A pesar de la existencia de estafas, hay cientos de plataformas fidedignas con fuertes políticas de transparencia. En su gran mayoría no es una estafa.
Es poco popular	Cientos de miles de personas practican esta actividad. Es poco popular en países donde las criptomonedas no se han desarrollado. En Costa Rica, por ejemplo, es poco popular, pero en mercados como el de China es una actividad muy realizada.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Maldonado (2020)

Para cerrar este apartado sobre el cloud mining, a continuación, se presenta una tabla con las principales características de algunas de las plataformas más famosas en esta actividad.

Cuadro N° 5: Acerca de algunas plataformas de cloud mining

Plataforma de Cloud mining	Año de fundación	Monedas soportadas
<p>Shamining</p>  <p>Fuente: imagen recuperada de linkedin.com (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Fcompany%2Fshamining&psig=AOvVaw1uSpWSqbm-FH-LBG7oIMx&ust=163044955334500&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCJiB3sbp2fICFQAAAAAdAAAAABAD)</p>	2018	Bitcoin
<p>ECOS</p>  <p>Fuente: imagen recuperada de ecos-mining.com (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fecos-mining.com%2F&psig=AOvVaw2S2swboRK-635uZXhilDuK&ust=1630449733619000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCPi0vazp2fICFQAAAAAdAAAAABAN)</p>	2017	Bitcoin, Ethereum, Ripple, Bitcon Cash, Tether, Litecoin

<p style="text-align: center;">IQ Mining</p>  <p>Fuente: imagen recuperada de twitter.com (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ftwitter).</p>	<p style="text-align: center;">2016</p>	<p>Bitcoin, BCH, Litecoin, Ethereum, XRP, XMR, DASH, entre otras</p>
<p style="text-align: center;">CryptoUniverse</p>  <p>Fuente: imagen recuperada de cryptouniverse.at (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.cryptouniverse.at%2Fcryptouniverse-2%2F&psig=AOvVaw2tcg8MhisFQhXLe4SydANX&ust=1630450023416000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTC0jP7OTp2fICFQAAAAAdAAAAABAD)</p>	<p style="text-align: center;">2017</p>	<p>Bitcoin, Litecoin</p>
<p style="text-align: center;">Genesis Mining</p>  <p>Fuente: imagen recuperada de henrylapps.com (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fhenrylapps.com%2Feconomia%2Fgenesis-mining-resenas-rentable%2F&psig=AOvVaw0NLU-KZd_)</p>	<p style="text-align: center;">2013</p>	<p>Bitcoin, Dash, Ethereum, Zcash, Litecoin, Monero</p>
<p style="text-align: center;">Hashing 24</p>  <p>Fuente: imagen recuperada de twitter.com (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ftwitter).</p>	<p style="text-align: center;">2015</p>	<p>ZCash, Dash, Ethereum, Litecoin, Bitcoin, Altcoin</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Thompson (2021)

La tabla anterior expone información acerca de seis plataformas que ofrecen los servicios de cloud mining a la comunidad. Como se comentó en secciones previas del documento, esta modalidad de minado de criptomonedas suele ser susceptible a ejercicios de fraude o riesgo en detrimento de los intereses del cliente. Sobre esta materia, del cuadro N° 5 se puede observar que las seis plataformas sostienen un bajo nivel de riesgo, lo que puede generar tranquilidad entre las personas interesadas en invertir. Por otro lado, un aspecto que llama la atención es que entre más reciente es su año de fundación, la plataforma parece tender a trabajar con menos criptomonedas. Así, Shamining (2018) y CryptoUniverse (2017) trabajan con una o dos criptomonedas (Bitcoin y/o Litecoin respectivamente); Genesis Mining (2013) que es la más antigua de las incluidas tiene un alcance de seis criptomonedas, y Hashing 24 (2015) las segunda con más experiencia también trabaja con seis monedas de este tipo.

Requerimientos del criptominado

Dado que se conocen hasta ahora las diferentes modalidades para realizar el minado de criptomonedas, y el proceso de esta actividad, el siguiente reto es explicar el material necesario para realizarlo. Para ello, se va a identificar en específico el material computacional, dividiéndolo en hardware y software.

El minado de criptomonedas requiere de un instrumental más amplio, desde el capital humano necesario hasta el espacio físico con su debido acceso a energía, internet y climatización. No obstante, estos aspectos con tal nivel de especificidad se dejarán al lado por ahora. Para este trabajo se centrará el análisis en los requerimientos computacionales.

Empezando por el Hardware:

CISSET (Centro de Innovación y Soluciones Tecnológicas) (2021) explica que el hardware es:

“Llamamos Hardware a todos los componentes físicos internos de un ordenador, es decir, la parte tangible del equipo, como son: la placa base o placa madre, la CPU o procesador (unidad central de procesamiento), la memoria principal o memoria RAM (Random Access Memory), el disco duro (HD, SSD...), tarjetas gráficas, tarjeta de red, las entradas (USB, Serial), las salidas, fuente de alimentación, chasis, entre otros.” (CITAR)

Para la criptominería, el hardware a utilizar va a depender de la magnitud y la escala con la cual se pretende minar. El conjunto de hardware necesario para la minería de criptomonedas se llama rig de minería. Existen diferentes tipos de rig de minería que difieren en su precisión y en sus funciones, y por supuesto también en su precio. A continuación, se presenta una tabla con los principales tipos y sus descripciones:

Cuadro N° 6: Tipos de Rig de minería y principales características

Nombre del Rig	Descripción
CPU	<p>Sumamente sencillo de instalar, ya que es básicamente la configuración de varios ordenadores juntos instalados para minar. Esta minería ya se encuentra obsoleta debido a la llegada de los otros tipos de rig.</p> <p>Aún así, algunas criptomonedas pueden ser minadas por este medio.</p>
GPU (Graphics Processing Unit)	<p>Populares debido a su capacidad de minar Ethereum y criptomonedas que requieren otros algoritmos.</p> <p>En esencia, el minado se realiza al conectar varios GPU y/o tarjetas gráficas al ordenador.</p> <p>El GPU funciona como un hub de minado, y la potencia aumenta dependiendo de la cantidad de GPU que se conecten.</p> <p>Es fácil de montar y de mantener, debido a eso es preferible para el minado de pequeña escala.</p>
FPGA	<p>Fue una herramienta muy útil hasta la llegada del GPU y ASIC. Tenía una función similar a estas dos.</p>

ASIC (Application Specific Integrated Circuit)	<p>Herramienta más utilizada debido a su eficacia.</p> <p>El ASIC es un circuito integrado que se configura para un uso en particular. Por lo que, para el uso de este componente para minar, es necesario adquirir un componente ASIC que haya sido configurado para este mismo fin.</p> <p>Debido a que es un dispositivo Hardware configurado únicamente con el fin de minar, es de alta precisión, y ha sido preferido para fines de minado como el Bitcoin, ya que esta criptomoneda demanda alta eficiencia.</p>
--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Bit2Me Academy (2020)

Como el cuadro anterior muestra, en la actualidad, los rig de minería más utilizados son los que utilizan componentes GPU y ASIC. Esto se debe a que su potencia acapara las ganancias en el mercado sobre las criptomonedas más importantes. Por lo que la realización de criptominería como un negocio rentable debe ser realizado con estos modelos.

La diferencia en estos modelos radica en su depreciación. Los ASIC tienen una depreciación completa, esto quiere decir que cada cierto tiempo, ante las innovaciones tecnológicas en el mundo de la minería, existen ciertos aspectos técnicos que hacen que la máquina deje de funcionar, en cambio, es posible estar actualizando o cambiando solo algunos componentes de los GPU para que el equipo no se deprecie por completo.

Hay muchísimos factores, además de la precisión, que son importantes de tomar en cuenta para la adquisición de un rig de minería, por ejemplo:

- La criptomoneda que se desea minar
- El espacio disponible para desarrollarlo
- Presupuesto disponible
- Consumo de la energía y el precio local.

Dependiendo de la criptomoneda que se desea minar, será necesario la selección de un rig en particular. Por ejemplo, para minar Bitcoins, se recomienda la utilización de un rig estilo ASIC, para Ethereum, puede ser suficiente con GPU. Por otro lado, el espacio es algo sumamente importante, debido a aspectos como la contaminación sónica que estos aparatos generan. Dependiendo del espacio en donde se vayan a ubicar, se recomienda un GPU, que genera menos ruido (en caso de zona residencial). (Bit2Me Academy, 2020) Por último, más adelante en esta investigación se cubrirá el tema de energía de estos equipos, pero es importante tomar en cuenta que existe una diferenciación entre el consumo de los equipos.

Ahora, la construcción de cada equipo, ya sea un rig de ASIC o de GPU requiere de una serie de componentes, los cuales dependiendo de la escala van variando. Los rigs de minería estilo Asic son equipo computacional que se compra para su inmediata instalación y utilización, por lo cuál no es necesario ampliar en su construcción, a diferencia de los rig estilo GPU, el cual no solo es más versátil sino que también mucho más funcional.

En seguida se presenta todo el equipo de hardware que se necesita para la construcción de un rig básico de minería estilo GPU:

Rig de minería (unidad básica)

Con la construcción de un modelo de minería básico, hacemos referencia a la unidad pequeña -pero eficiente- que se pueda construir para minar. Este equipo debería, al menos, obtener beneficios del minado, y no necesitar de un espacio adecuado únicamente para este fin, es decir, podría estar en el domicilio de una persona.

Un rig de minería de funcionamiento GPU posee los siguientes componentes:

Cuadro N° 7: Componentes del rig de minería estilo GPU

Componente	Descripción	Imagen Ilustrativa
Placa base:	En el mercado se pueden encontrar placas estándar y específicas para la instalación de un rig de minería; en el caso de las placas específicas, poseen puertos PCIe x1 en vez de PCIe comunes, esto con el fin de que se puedan instalar un mayor número de tarjetas gráficas.	
Procesador:	El procesador debe ser compatible con la placa madre, solamente se utiliza para el arranque del uso del rig, por lo que se busca es que ofrezca el mínimo consumo posible.	
Memoria RAM:	Definida la placa base y el procesador, es necesaria una RAM de al menos 8GB para la minería de Ethereum y este se basa en un criterio de las tarjetas gráficas utilizadas. Se utiliza para soportar la exigencia computacional de minar y asegura un rápido funcionamiento del sistema.	
Almacenamiento:	Puede ser una unidad SSD o USB para, por medio del software, almacenar los datos del proceso de minado y todos los aspectos relacionados al wallet.	
Ventiladores:	El rig, al minar, genera que sus componentes se calienten a gran escala, lo que ocasiona que el mismo sistema disminuya su rendimiento para evitar dañarse; como resultado, se deben implementar ventiladores para mantener en las temperaturas correctas al equipo y así tener un rendimiento estable. Este es uno de los componentes en los que no se puede escatimar en el proceso de compra, puesto que va a procurar la preservación de los componentes en el largo plazo.	

Fuente de alimentación	Las mejores fuentes de alimentación para un rig son las que tienen certificación 80 Plus Gold o más. Una buena PSU (Power Supply) ofrece la seguridad y estabilidad de la tensión, que garantizan el correcto funcionamiento del equipo y una buena vida útil del mismo.	
Risers	Nos permiten colocar las tarjetas gráficas en nuestra placa madre de una manera distinta a la habitual, lo que genera la posibilidad de montar muchas tarjetas con una organización óptima en cuanto al espacio.	
Caja/Frame:	Por último deben instalarse todos estos componentes en una caja, que puede ser comprada o armada por el usuario, aquí la importancia radica en mantener tanto un orden adecuado, como un buen flujo de aire, para mantener refrigerado el equipo.	

Fuente: Elaboración propia a partir de los información e imágenes de Solé, R. (2021) y CoinCash (https://www.cashcoin.com.ar/MLA-700172649-pack-de-6-riser-pcie-usb-risers-gpu-rig-mineria-_JM)

Los costos de armado de estos equipos dependen de la cantidad de GPUs que se le instalen en gran parte y de los precios a los que se enfrente el empresario en cada país. Se adjunta un ejemplo de posibles precios de construcción utilizando partes de segunda mano en buen estado a precios nominales de 2021.

Cuadro N° 8: Componentes del rig de minería y su precio en colones

Componente	Modelo	Cantidad	Precio por unidad (Colones)
Motherboard	Gigabyte Z170x Gaming 7	1	60000
CPU	Core i3 6100	1	25000
Ram	DDR4 2400 8GB G.Skill Ripjaws V	1	18000
GPU	ZOTAC RTX3070	6	509000
SSD	ADATA SU650	1	15000
PC Fan	Be Quiet Pure Wings 2 High Speed	6	6000
Raisers	Genérico	4	2750
Fuente de alimentación	EVGA Supernova Modular Gold 750W	2	92000
Frame	Elaboración propia	1	30000
		Total	3433000

Fuente: Elaboración propia a partir de cotizaciones en Costa Rica (2021)

Cuando los individuos desean ampliar esta actividad, construyen no uno, sino varios rigs, haciendo esto una actividad especializada. A la una entidad poseer varios de estas unidades GPU y utilizarlas para una actividad en particular, en un espacio adecuado únicamente para el minado, se dice que se tiene una Granja de minería. A continuación se amplía sobre este tema:

Granja de minería

Con granja de minería hacemos referencia a la construcción de un espacio adecuado únicamente para minar criptomonedas. De cierta manera es escalar el volumen del rig de minería construido anteriormente, a un nivel de escala mucho mayor.

Grosso (2021) define que:

“Una granja de criptomonedas tiene el mismo sentido que una avícola, producir beneficios. Son instalaciones en las que encontramos un número elevado de ordenadores realizando tareas de criptominado. Suelen utilizarse ordenadores portátiles equipados con tarjetas gráficas muy potentes, (...) las granjas se suelen establecer en lugares en los que la energía eléctrica sea barata.”

Existen cientos de posibles modelos de granjas de minería. En línea con la noción de granja de minería que se ha manejado en este trabajo, existen diversas situaciones y factores a tomar en consideración para construir o crear una de estas instalaciones. El tema del costo de la energía eléctrica que se apuntó anteriormente es fundamental principalmente en dos sentidos. Esto ya que como menciona Frers (2021) “Las computadoras consumen mucha energía y se necesita aire acondicionado para evitar que se sobrecalienten”. La alta demanda de electricidad por parte del equipo computacional de minería obliga a que su costo sea bajo para no opacar las posibles ganancias económicas de la actividad; además, el trabajo que le exige el proceso a las computadoras eleva su temperatura en grandes medidas. Esto impone la necesidad de implementar equipos de aire acondicionado para regular la temperatura y prolongar la vida útil de las máquinas.

Bit2me Academy (2020) indica que es precisamente por estas dos situaciones que se acostumbra, dentro del universo de la criptominería a gran escala, el buscar localidades que cumplan con dos elementos: temperaturas bajas alcanzadas naturalmente, y la posibilidad de instalar la granja cerca de fuentes de energía renovable como la hidráulica, y la geotérmica (caso particular de la industria situada en Islandia). De esta forma se alcanza disminuir en cierta medida el gasto en electricidad.

Paralelamente a la cuestión del costo de la energía eléctrica está el tema de los costos en equipo, y capital en general. Los niveles extremos de trabajo a los que son sometidos las computadoras suele obligar a los inversionistas a renovar el equipo más frecuentemente de lo deseable. Grosso (2021) comenta que “la tarea de criptominado pone los equipos al máximo de sus posibilidades”, de forma que para poder sostener el rendimiento del minado de la granja, se torna indispensable reemplazar las computadoras con cierta frecuencia. No obstante, el rubro de costos en equipo también funciona en otro sentido. Se trata particularmente de la necesidad de cambiar el capital instalado meramente por los procesos de innovación propios de la industria tecnológica que introducen mejores componentes que maximizan el trabajo de las computadoras. Si los mineros pretenden sacar el máximo provecho de sus instalaciones, se ven obligados a emplear estos nuevos equipos para no quedarse atrás con respecto a la competencia.

Las granjas de minería, entonces, suelen ser almacenes de gran escala donde se instalan, según Grosso (2021) hasta diez mil computadoras para aumentar el músculo de minado de la compañía. El volumen de la instalación puede crecer suficiente como para obligar a los administradores a vivir en las propias granjas para lograr mantener el ritmo. En este sentido existen ciertas granjas de minería que destacan a nivel mundial por el tamaño de sus operaciones y capacidad computacional.

The Week (2021) rescata la granja ubicada en la Provincia de Liaoning en el noreste de China. Esta “opera en un gran espacio restaurado de una fábrica abandonada. Cuenta con un poder computacional de 360 000 TH, y mina más de 700 BTC mensualmente” (Traducción propia). Dentro de otras granjas que rescata el autor en este rubro está una granja ubicada en Linthal, Suiza propiedad de Guido Rudolphi; la granja Genesis Mining localizada en Reykjavik, Islandia; un complejo ubicado en la capital rusa; y la granja Bitfury que está instalada en Amsterdam, Holanda.

Software

El software de minería sirve para manejar un gran volumen de información y procesos que implica minar, son fundamentales para la toma de decisiones, que en el ámbito de cripto implica altos montos y riesgos asociados a las acciones que se tomen.

Existe una muy amplia gama de diferentes softwares, cada uno con objetivos distintos y diferentes funciones. Con el tiempo, cada día salen más softwares al mercado, a disposición para el uso de los mineros. Para ejemplificar la gran variedad de softwares, se comentarán dos programas, uno para cada una de las monedas con mayor valor en el mercado. Estos son los softwares CGMiner y Claymore, siendo el primero el más popular para Bitcoin y el segundo para Ethereum.

Para utilizar estos softwares de minado se debe crear una billetera (wallet) en línea que se utilizará para recibir y almacenar las criptomonedas. CGMiner es un programa de minería de bitcoins GPU que utiliza lenguaje C. Es compatible con los sistemas operativos Windows y Linux. Entre sus características se encuentra el soporte para overclock, monitoreo de hardware, control de velocidad del ventilador y distintas configuraciones de interfaz remota.

El software Claymore, por su parte, también está disponible para sistemas operativos Windows y Linux de 64 bits. Este software incluye una aplicación de monitoreo remoto llamada EthMan, los resultados que refleja el sistema son altamente configurables y posee facilidad de comprensión.

En la configuración del programa se encuentra una base que debe ser modificada por los parámetros respectivos de cada usuario para establecer qué moneda minar; el programa muestra varios indicadores interesantes en diversos colores. Por ejemplo, se observan las estadísticas de minería, detalles de la velocidad de procesamiento por cada tarjeta de vídeo y estadísticas generales de las mismas, como la temperatura y porcentaje de utilización del ventilador en cada GPU conectado al programa.

Hay muchos softwares que permiten también la instalación de dicho programa en modalidad de sistema operativo, algo que está tomando mucho auge en los últimos meses. Esto se debe a que esta modalidad elimina la multifunción de sistemas operativos como Windows o Linux, utilizando todo el poder computacional para la especificidad del minado.

Introducción al análisis de costos y beneficios

A partir de este punto, se analizarán los costos y beneficios de la criptominería. Esto se realizará a partir de las pruebas empíricas realizadas a las que los autores se refieren a profundidad en el capítulo 3 y datos del capítulo 1; además, este será acompañado de las referencias bibliográficas pertinentes. Esta experiencia puede no aplicarse al contexto de todos los países latinoamericanos o todos los modelos de negocio.

Costos adicionales de la criptominería y su escala

Un empresario que va a adentrarse en el mundo de la criptominería debe tomar varias consideraciones, en especial en cuanto a la escala. En concreto, conforme aumenta la cantidad de equipos en propiedad de este, se debería tomar en cuenta: el espacio, la ciberseguridad, la ventilación, conexión a internet, especialistas necesarios, el mantenimiento, el costo y disponibilidad de los equipos, y la electricidad. A continuación se desglosan los costos mencionados, con la característica de que se incluirán los especialistas necesarios a lo largo de cada sección.

En primer lugar, el espacio no es un problema en la pequeña escala, sin embargo, conforme se aumenta la cantidad de equipos con ella, el espacio que ocupan. Esto debido a que si bien los equipos basados en GPU están diseñados para ser modificados y se le pueden ir añadiendo GPUs, estos tienen un límite de entre 6-13 tarjetas. Por lo cual, en grandes inversiones el espacio claramente puede ser un problema, puesto que tendrían que considerarse potenciales adaptaciones a infraestructuras. Aunado a esto, la ventilación en el espacio donde se coloquen los equipos y los estantes son cruciales. Las memorias de estos equipos pueden llegar hasta los 100°C. Por lo cual, se debe pensar en estos aspectos.

La climatización es sumamente importante, ya que los equipos, dependiendo del clima y del uso, pueden humedecerse o sobrecalentarse. Esto podría generar costos de reposición importantes. Los equipos computacionales necesitan del mantenimiento de ciertas temperaturas para su funcionamiento. Quonty (2017) explica que:

“Un aumento de temperatura por encima de ciertos límites puede ser problemático o incluso fatal para un dispositivo electrónico, y en un móvil es tan sencillo como dejarlo descansar, apagarlo o quitarlo del sol, pero en un ordenador las cosas se complican, ya que seguramente tenga que ver con la edad de las piezas y el sistema de refrigeración que se esté utilizando.” (Quonty, 2017)

La falta de movilización de los equipos de minería y la necesidad de tenerlos en funcionamiento la mayor parte posible del tiempo hace que sea necesario poseer un equipo de enfriamiento adecuado al volumen que se obtenga.

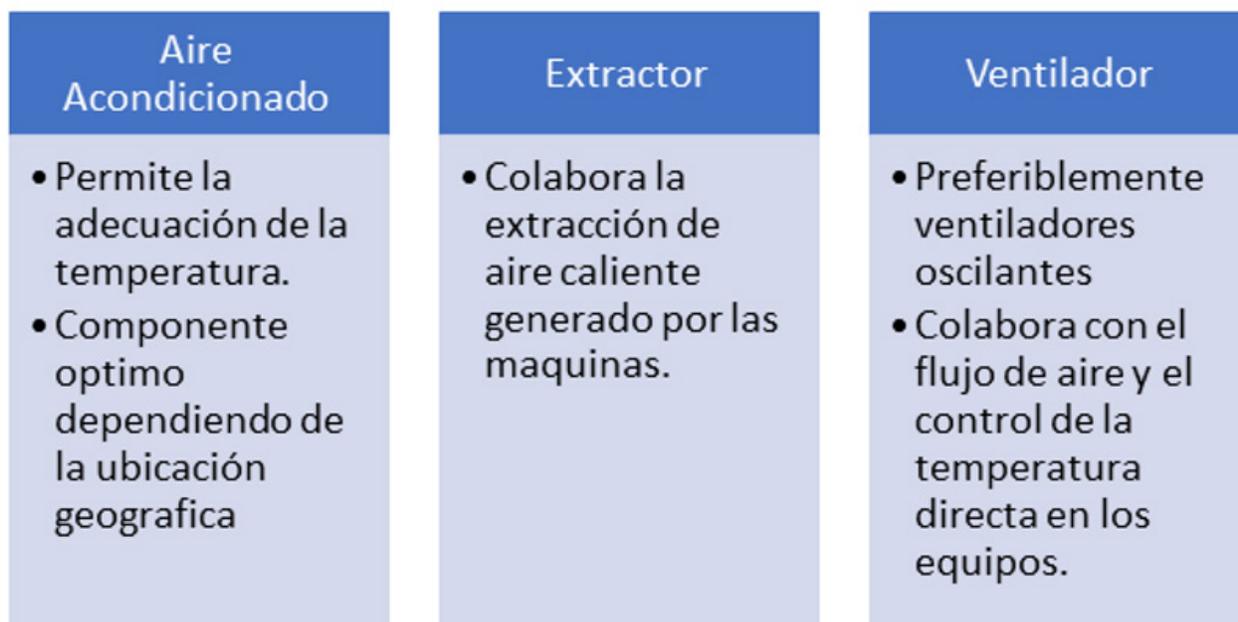
Como menciona la cita anterior, son ciertos los límites que se deben de tener en cuenta a la hora de la inspección de la climatización. Los rigs de minería pueden tornar temperaturas muy altas (hasta 90 grados Celsius, o más), por lo que es necesario tener un control riguroso de ello. Se debe de mantener una temperatura óptima de 21 grados Celsius. (EIBitcoin.Org, 2012)

Para lograr esta temperatura óptima hay dos opciones:

- Poseer aires acondicionados, de la mano de un extractor. Esto con el fin de que el aire acondicionado no se mezcle con el aire caliente de los ordenadores, sino que haya un flujo de aire continuo. Además, si el espacio es muy grande, se debe poseer ventiladores para que exista flujo de aire. (se recomiendan ventiladores oscilantes)
- En caso de poseer el espacio físico en una ubicación geográfica donde el clima sea favorecedor, puede ser suficiente un sistema de ventilación eficiente, que circule el aire de manera eficiente.

Son tres entonces los componentes esenciales del sistema de ventilación, presentados en el siguiente esquema:

Esquema N° 7: Componentes del sistema de ventilación para el criptominado



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EIBitcoin.org (2012)

Adicional a lo anterior, dependiendo de la zona, podría ser necesario equipo deshumidificador. Y por supuesto, equipo de control, que permita medir la humedad y la temperatura del espacio.

La humedad, por otro lado, es un caso particular por dos razones: (1) valores menores al 20% de humedad podrían generar problemas eléctricos relacionados a la estática (Allen, 2018). Y, por otro lado, se recomienda una humedad menor al 65% (Bitmain, 2018). Aunque hay fuentes de información que indican la posibilidad de que el equipo soporte hasta un 90% de humedad.

Dado lo anterior, se debería buscar, óptimamente, un rango de temperatura que oscile los 21 grados, y un grado de humedad entre 20% y 65%. El control de esto es de suma importancia para optimizar el uso de los equipos.

En segundo lugar, la ciberseguridad se torna un tema de relevancia. Las granjas de minería son un blanco para los hackers, puesto que

tienen la posibilidad de redirigir la capacidad informática a sus propios usos y pools. El costo de oportunidad del tiempo computacional es sumamente alto, por lo cual, cada minuto que se pierde en la gran escala puede implicar miles de dólares hasta cientos de miles. Además, usualmente los hackeos implican pago de secuestros (ransom) informáticos. Esto genera que, conforme aumenta la cantidad de equipos, más especialistas en ciberseguridad y redes van a ser requeridos.

En tercer lugar, el internet es un punto a considerar a la hora de emprender en el espacio de la criptominería. Con ello, se requieren equipos llamados switches, cables de red (patch cord) y, por ende, herramientas para el manejo de cables (el mal manejo de cables en nuestra experiencia se ven asociados con mayores temperaturas). No obstante, a pesar de lo que se pueda creer, la conexión no debe ser necesariamente rápida, el único aspecto que puede preocupar más es la estabilidad de la red. Nik (2020) explica que la mejor manera para asegurarse de tener cierta estabilidad, es utilizar internet por medio de cable, y evitar, en la medida de lo posible, conexiones Wi-Fi o 4G. Por otro lado, en concordancia con lo mencionado de que no es necesario un internet muy veloz, Riddet (2020), menciona que, bajo su experiencia, en una oficina con una ocupación entre 30 y 40 rigs de minería, tener un internet con 1 o 2 megabytes es más que suficiente para el funcionamiento del minado.

Además, Riddet agrega que las máquinas, en esencia, reciben una pequeña información, y con ella empiezan a trabajar arduamente, en caso que logren de manera efectiva el minado, el siguiente paso es enviar esa información. Con esto, la transferencia de datos es muy pequeña y se logra realizar la tarea con un uso muy bajo de internet. Inclusive, Riddet menciona que si ha sido posible generar el minado con conexión 3G y 4G. Por otro lado, InternetAdvisor (s.f.) explica que el uso de internet, a diferencia de lo que se cree, es sumamente bajo. Explica que hay sistemas que han funcionado con tan solo 0.5 megabytes, y menciona que en un uso intensivo (en un nivel muy alto), no se utilizará más allá 15 megabytes. Al criterio de los autores, no es necesario tener conexiones empresariales o simétricas, mas si se recomienda tener dos conexiones en distintas empresas, una principal y otra de respaldo, en caso de que haya fallos específicos a una empresa poder tener un respaldo y minimizar las pérdidas. El reto, entonces, está en encontrar una conexión estable, más que una conexión veloz.

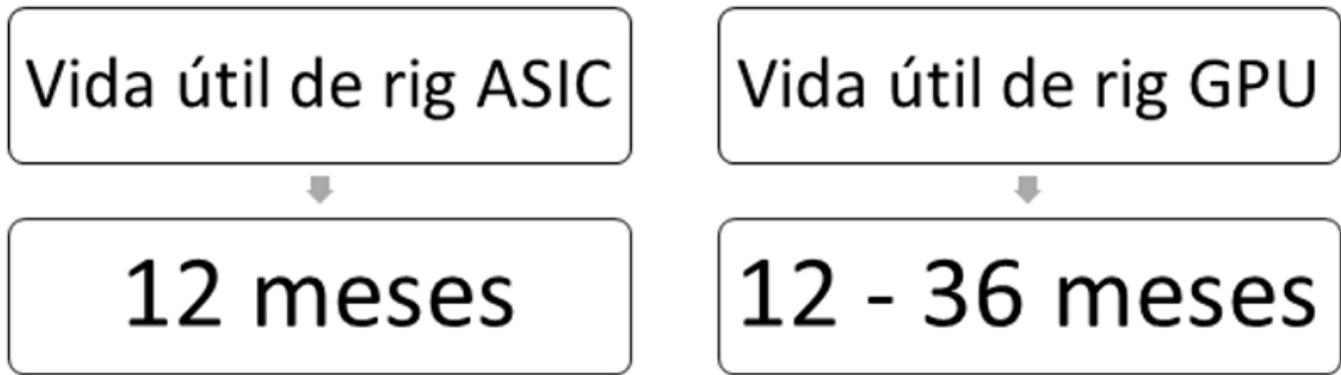
En cuarto lugar, el mantenimiento es necesario si se quieren minimizar los costos de reposición y maximizar la duración de los equipos tecnológicos. En conversaciones con especialistas en mantenimiento de equipos, estos enfatizan el desgaste que enfrentan los equipos, puesto que estos si bien se pueden utilizar para esta actividad, en un inicio no están diseñados para esto como equipos de servidores u otras tecnologías diseñadas para trabajar 24/7. Por lo cual, el mantenimiento óptimo incluye cambios de pasta térmica, desempolvar a profundidad con aire comprimido, entre otros. Ahora, esto está limitado al equipo, en sí, en la gran escala también hay que hacer el mantenimiento de los equipos de red y asegurarse del mantenimiento de instalaciones eléctricas. En el experimento realizado en el siguiente capítulo, se tuvo la oportunidad de minar con electricidad de una hidroeléctrica y se pudo observar los cuidados que deben tenerse con estos equipos ante cambios en el flujo de energía.

Por otra parte, el mantenimiento del equipo puede contemplar el cambio de piezas. El uso del equipo para el minado no está cubierto por la garantía, sobre todo para el caso de las GPUs, que son el componente principal. Esto se realiza como un seguro, dado que empíricamente el equipo nunca se halla en mal estado por deterioro del tiempo, sino que es necesario cambiarlo debido a que su funcionamiento ya no es eficaz para la criptominería. Por tanto, se deben contemplar posibles costos de depreciación mensualmente. Definimos la depreciación como la obsolescencia del equipo, puesto que las tecnologías utilizadas para la criptominería cambian suficientemente rápido, lo que hace que se deban renovar constantemente para continuar obteniendo rendimientos.

Esto sucede sobre todo sobre equipos utilizados para minar monedas con grandes valores de mercado, como Bitcoin o Ethereum. El minado con estas monedas se vuelve, aunque difícil, muy rentable si se logra el proceso correspondiente, por lo que existe una competencia feroz por siempre estar actualizando el equipo con la mayor capacidad posible, con esto, el mercado hace lo suyo de parte de la oferta, y genera equipos de minería (rig) con capacidades nuevas aproximadamente cada año.

Para un individuo que vea la criptominería como un ecosistema integral para múltiples criptomonedas, esta depreciación no le afectaría en un 100%, puesto que los equipos que dejan de ser útiles para minar Bitcoin pueden ser útiles para minar Digibyte (por ejemplo), y cuando dejen de servir para esta criptomoneda, puede buscar la que le sigue en dificultad, y así consecutivamente hasta que se encuentre con su depreciación total.

La vida útil de los equipos varía dependiendo del tipo. El siguiente esquema N° 8 presenta, según el equipo, el tiempo que puede ser útil para minar. (Sánchez, 2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Sánchez (2018)

El esquema anterior es un aproximado, aunque un cálculo que muchas fuentes de información confirman ser el más adecuado. Es importante entender que esta depreciación del equipo se realiza bajo la idea de que el equipo sea funcional para minar de manera integral cualquier criptomoneda, incluyendo Bitcoin.

Es necesario, por otro lado, aclarar que no es todo el equipo el que se deprecia. Esta vida útil no contempla, por ejemplo, el CPU o la memoria RAM, componentes útiles para el funcionamiento del rig de minería. Lo que sí contempla, específicamente, son los componentes ASIC y GPU.

Ahora, dada esta información, es necesario incorporar en los costos la reposición de este equipo, para la adecuada toma de decisión de inversión en criptominería, el cual, para ASIC, corresponde a un doceavo del precio inicial en inversión para el componente de ASIC, de manera que el costo mensual incluido debería ser:

$$\text{Costo de depreciación} = \frac{1}{12} * (\text{Costo del ASIC})$$

Ahora, para los componentes GPU, debido a la vida útil puede andar entre 12 y 36 meses, lo más sencillo es incluir la media del rango mencionado, es decir, 24 meses, por lo que el costo mensual sería:

$$\text{Costo de depreciación} = \frac{1}{24} * (\text{Costo del GPU})$$

Si la idea es realizar minado por un periodo más allá de un año con componentes ASIC, es necesario contemplar un costo mensual de depreciación, lo mismo para un minado de más allá de dos años con componentes GPU.

En quinto lugar, se debe tomar en cuenta los costos y dificultad de obtener los componentes. Para la gran escala, no se puede minar con GPUs por los puntos expuestos anteriormente, lo que conlleva a tener que adquirir ASICs. A la hora de realizar el experimento empleado en el capítulo 3, de la mano de la empresa Cripto para la Gente, se intentó adquirir ASICs de último modelo por diferentes medios. Los autores encontraron que se necesita tener contactos directos dentro de la fábrica y un altísimo volumen para siquiera ser considerados en posibles listas de espera. La venta al detalle se caracteriza por comprar espacios en la lista de espera y posteriormente pagar el costo del equipo. En cuanto a las GPUs para la pequeña escala, a mitades de 2021 se complicó la adquisición de tarjetas gráficas de NVIDIA -una de las dos casas matrices más importantes en cuanto a producción de tarjetas gráficas- puesto que ante la escasez mundial de chips optaron por limitar sintéticamente el poder de procesamiento de estas para la minería de Ethereum. (Solé, 2021) Esto redujo

sustancialmente los rendimientos de la minería y la ha desincentivando. Además, como se habló en la sección anterior, para el caso de Ethereum los desarrolladores están apuntando al proof-of-stake como algoritmo de consenso en lugar de la prueba de trabajo.

Como una última alternativa, se debe acceder al mercado secundario por los ASICs y no se encuentra mucho equipo de última generación. Este está lleno de equipos viejos que aún pueden obtener rendimientos con precios de electricidad muy bajos. En las GPUs, no se recomienda comprar de segunda mano, puesto que se desconoce los cuidados o aplicaciones para las que se han usado y este equipo se degrada con el tiempo. En la experiencia de los autores, el mercado secundario no está dispuesto a descontar estos factores del precio y mucho menos en un mercado que enfrenta la escasez.

Finalmente, la electricidad es el costo crucial. Para un rig representativo como el presentado en una tabla anterior con 6 GPUs y con un poder de minado de 360 MH/s, el consumo eléctrico se encuentra entre los 760 W/h y los 820 W/h (depende del proceso de optimización que se le dé al equipo). Entonces, este rig representativo para un hogar podría costarle mantenerlo en su casa 24 horas/7 días a la semana por un mes 88,56 dólares, mientras que con la tarifa comercial costaría 123.98 dólares (tomando como referencias los precios expuestos en el capítulo 1 sección 8). Posteriormente se hará referencia a donde se visualiza el potencial para Costa Rica. La producción de criptomonedas es energética-intensiva, es decir, depende fuertemente del factor energético.

Sintetizando lo expuesto anteriormente, el armado, funcionamiento y mantenimiento de los equipos no es tarea trivial y para obtener ganancias en la gran escala se debe invertir en todos los aspectos mencionados. No hacerlos puede costar mucho tiempo y trabajo humano a lo largo del proceso.

Beneficios de la criptominería

Limitar el análisis de la criptominería a las ganancias económicas sería miope hacia los principios que llevan al nacimiento de las implementaciones de la cadena de bloques. En un primer sentido, participar de la red tanto en mantener nodos para el funcionamiento de la red como proveer equipo computacional para verificar las transacciones son actividades necesarias para la sostenibilidad de la red, en el corto y en el largo plazo. Brevemente, se debe recordar que los nodos son los que llevan el récord de las transacciones y el equipo computacional dedicado a la minería provee la prueba de trabajo para garantizar el consenso entre todos los nodos. Sin embargo, nuestro objeto de estudio se va a centrar en las ganancias económicas para los empresarios. En particular, se ejemplifica el caso de Ethereum.

Antes de profundizar en los beneficios, conviene dejar algunos conceptos claros. La red autorregula la dificultad. Esta se encarga de que solo los equipos con más potencia computacional sigan en la red y los otros equipos menos potentes van a ser desplazados cada vez por otros más eficientes. Cuando entran más equipos a la red aumenta la dificultad, dado que hay más poder computacional y se necesita mantener el promedio de creación de bloques en 15 segundos. Consecuentemente, aumenta el tiempo de creación de bloques y disminuyen los premios para los mineros.

Un empresario que coloque equipos de minería -basados en GPU o los ASICs- ganará en especie, es decir, se le remunera su servicio en Ether. En particular, la prueba de trabajo se paga con una probabilidad que es proporcional al poder computacional aportado entre el total de la red. Esta probabilidad es tan pequeña que, tal como se mencionó con anterioridad, las personas se agrupan en pools (entidades que agrupan mineros y administran las ganancias colectivas). Tomaría una cantidad muy grande de tiempo para un minero lograr minar un bloque por sí solo. Esto motiva la creación de estas entidades para que sea posible obtener pagos más frecuentes. Estos cobran un porcentaje de comisión sobre las ganancias de todo el pool del 1% al 4%, como se explicó en una sección anterior.

Ahora bien, puesto que solo un minero puede obtener las ganancias cuando mina un bloque y solo se puede ganar uno cada 15 segundos con millones de mineros compitiendo, los pools crean desafíos computacionales de menor dificultad y al resolverlos se les reconoce a cada minero un share. De esta forma, se contribuye a la tarea principal de dar la prueba de trabajo (proof-of-work) mientras se demuestra el aporte al pool.

Los pools ofrecen distintos modos de pago. Los principales son: PPLNS (Pay per Last Number of Shares), PPS (Pay per Share), PPS+, entre otras. No se pretende explicarlos a fondo, sino dar una idea general y explicar a nuestro criterio cuál sería el modo que le conviene a cada minero. PPLNS se refiere a que, cuando el pool mine un bloque, las ganancias se distribuirán proporcionalmente a los shares de los últimos “n” bloques (determinado por la cantidad de bloques que han pasado desde el último bloque que minó el pool) con respecto a las de todo el bloque. Este modo de pago beneficia a los mineros que son fieles a un único pool. PPS y PPS+ se refieren al modo en que

se paga por cada uno de los shares contribuidos en el momento instantáneo. PPS+ comparte las comisiones de las transacciones con los mineros cuando el pool mine un bloque. En comparación con PPLNS, no se debe esperar a que el pool mine un bloque. Este modo conlleva más riesgo para el pool, por lo cual, usualmente, hay mayores comisiones. Además, este modo es más compatible con aquellos mineros que tratan de probar suerte o por distintas razones utilizan varios pools, dado que el pago es instantáneo.

Ahora, a nivel macro, los beneficios monetarios para un minero se descomponen en un premio fijo por minar: en julio de 2021, el premio fijo es de 3 ETH más los costos de transacción que pagan los usuarios, los cuales son variables y fijados según el tipo de transacción que se haga. El gas es el precio por procesar cada tipo de transacción y se mide en gwei que es 0.000000001 Ether. Por ejemplo, una transacción regular necesita de 21 000 gwei. El precio de las transacciones se va a calcular como el gas que se necesita por transacción multiplicado por el precio del gas en gwei. Se adjunta una tabla de los precios de algunas transacciones.

Imagen 1: Costos estimados de transacción

Name	Label	Interactions	Gas Used	Rapid	Fast
ETH		Transfer	21,000	\$12.75	\$10.98
USDT/USDC	ERC20	Transfer	56,185	\$34.11	\$29.36
Uniswap	DEX, AMM	Swap WETH+USD T	111,199	\$67.50	\$58.12
Tinch	DEX	Swap	104,108	\$63.20	\$54.41
SushiSwap	DEX	Swap	109,253	\$66.32	\$57.10
Ox	DEX	Swap	114,931	\$69.77	\$60.07
zkSync	Layer2	depositETH	58,952	\$35.79	\$30.81
Maker	Lending	Borrow	207,200	\$125.78	\$108.29
Compound	Lending	Mint USDT	160,000	\$97.13	\$83.62

* There may be gaps in actual transactions, for reference only

Fuente: Captura de pantalla del sitio web GasNow(2 de septiembre de 2021)

Por ejemplo, si el precio del gas es 150 y se quiere realizar una transacción regular, se le cobraría al usuario 0.000315 ETH. Ahora, además de las transacciones regulares se encuentran los contratos inteligentes, que son programas que están diseñados para cumplir una serie de acciones si se cumplen ciertas condiciones, por su complejidad, estos necesitan más gas para ejecutar todas sus acciones en la red, por lo cual, dan beneficios aún mayores para los mineros.

Por otra parte, es esencial definir algunas características de un bloque. Estos tienen un límite de gas que pueden procesar, mas es inusual que se llenen los bloques. Donmez y Karainov (2021) encuentran que los periodos de congestión se manifiestan con una utilización de la red mayor al 90%. En estos el precio del gas sube sustancialmente, entonces, por añadidura, los mineros ganan más.

Imagen 2: Descripción del bloque

The screenshot shows the Etherscan interface for block #12000000. The 'Overview' tab is selected, displaying various statistics for the block. The data is as follows:

Field	Value
Block Height	12000000
Timestamp	179 days 18 hrs ago (Mar-08-2021 08:20:16 PM +UTC)
Transactions	203 transactions and 45 contract internal transactions in this block
Mined by	0x3b7874f13387444c33964298b075b7a3505d804 (Babel Pool) in 20 secs
Block Reward	3,861611277276478773 Ether (2 + 1,861611277276478773)
Uncles Reward	0
Difficulty	5,648,642,301,448,524
Total Difficulty	21,833,228,890,297,050,240,453
Size	47,759 bytes
Gas Used	12,490,032 (99.87%)
Gas Limit	12,506,011
Extra Data	Babel h28 (Hex 0x426162656c20687a38)
Ether Price	\$1,834.48 / ETH

Fuente: Captura de pantalla del sitio web Etherscan(2 de septiembre de 2021)

Nota: Corresponde al bloque minado N° 12 000 000.

Ahora, unas cuantas estadísticas básicas. En promedio, un bloque se procesa cada 15 segundos y contiene aproximadamente 200 transacciones, las cuales se escogen por un sistema de subastas en el cual entre mayor sea el pago, antes se procesa.

Si se analizan los beneficios monetarios desde el lado de los pools, un minero puede ganar aproximadamente 8 dólares por cada 100 MH/s de poder que tenga su equipo. Por ejemplo, se ha expuesto que un posible rig representativo tendría 360 MH/s, lo que equivaldría a 28,8 dólares por día. Ahora, estos cálculos pueden ser menores después de los costos comentados anteriormente de los pools. Un cálculo conservador sería 7 dólares por día por cada 100MH/s, que traería 25.2 dólares por día según la máquina planteada, en promedio, 756 dólares por mes. En los periodos de alta volatilidad en el mercado de criptoactivos, se puede llegar a ganar el doble.

Comparación de costos y beneficios

Después de las descripciones anteriores, se puede ver fácilmente que hay deseconomías de escala, es decir, que conforme se aumenta la cantidad producida aumentan los costos de producción. Sin embargo, no se puede contemplar el potencial de ganancias en un modelo estático. El diseño de la política monetaria deflacionaria de los activos aunado a la alta demanda de los productos provoca que se aprecien estos activos a lo largo del tiempo. Además, las tecnologías hacen cada vez más eficientes las máquinas que ejecutan estos algoritmos. Entonces, aquí es donde yace la oportunidad por parte de los beneficios. En cuanto a los costos, estos deben ser mitigados en su mayoría por un costo eléctrico bajísimo. Esta es la oportunidad de los generadores privados de proveer energía a muy bajo costo y aún así obtener ganancias. Esto se sostiene mientras el ICE mantenga el monopolio en la distribución y brinde concesiones a las compañías. Inclusive bajo tarifas de 10 centavos de dólar por KW/h, los retornos de inversión están por debajo de los 6 meses contemplando volatilidad a la baja. Empero, esto toma en cuenta liquidaciones mensuales de las ganancias en especie, mas los datos expuestos en este capítulo brinda luz que un minero que esté dispuesto a especular puede obtener rendimientos aún mayores a cambio del riesgo que conlleva.

En otro aspecto, Costa Rica tiene la ventaja de utilizar energía limpia y sostenible. Si bien el país no puede absorber toda la producción mundial de criptomonedas (ni tampoco tiene sentido bajo los principios de descentralización y robustez del sistema), este podría absorber una parte en estas empresas generadoras que no se les va a renovar la concesión. Ahora, se debe hacer hincapié en que los desarrolladores de blockchain deben buscar soluciones más sostenibles en el largo plazo que garanticen su sostenibilidad, escalabilidad, seguridad y descentralización. Más aún, el daño que crearán los desechos tecnológicos en el futuro no se ha calculado y muchos de estos no tienen usos alternativos (recuérdese el significado de ASIC: Circuito integrado de aplicación específica, en este caso, minado del algoritmo específico de cada criptomoneda).

En síntesis, Costa Rica puede aprovechar su potencial eléctrico para contribuir a mantener redes muy importantes para distintas aplicaciones y que puede traer reactivación a este sector en el corto plazo, además, puede aprovechar el sello verde y darle más

credibilidad a este sistema al poder verificar las transacciones con huella carbono neutra. También, se aprovecha el excedente energético y hay efectos de equilibrio general para el sistema, por ejemplo, aumenta la demanda de especialistas en el tema nacionales e internacionales, hay externalidades positivas con spillovers de conocimiento, entre otros.

Conclusión

El mundo del minado es sumamente complejo, no cabe duda que existe una curva de aprendizaje enorme de parte de la población para llegar a tener el entendimiento total de la tecnología blockchain, y por tanto, los procesos de criptominería. A pesar de ello, es importante reflexionar de que no será necesario que este documento llegue a manos de cualquier individuo, sino de aquellos con capacidad de influenciar en el cambio.

La complejidad de la criptominería no es un asunto que se realice, su razón se debe a que conlleva la responsabilidad de finiquitar un proceso de validación de transacciones que es responsable de uno de los modelos de cifrados más seguros de los mercados financieros.

El futuro de las divisas se encuentra, sin duda alguna, en las criptomonedas, o al menos en la tecnología que lo acompaña: el blockchain. Por lo que haber visibilizado dicha tecnología y todos los procesos asociados, en esperanza de tener un alcance importante de la mano de esta investigación es el proceso de mayor importancia de este documento. Por lo que se espera que el lector haya disfrutado sobre el entendimiento de una tecnología compleja, pero, que con el pasar de los años se espera que se adopte en muchos espacios de la sociedad.

Bibliografía

- Romero, R. (2019). Entendiendo el blockchain. Recuperado de <http://randall-romero.com/entendiendo-el-blockchain/>
- Bit2me Academy. (2020). ¿Cómo funciona el Blockchain-Cadena de Bloques? Recuperado de <https://academy.bit2me.com/como-funciona-blockchain-cadena-de-bloques/>
- AMD. (2019). Making sense out of blockchain technologies. Recuperado de <https://www.amd.com/en/system/files?file=documents/blockchain-technology-explained.pdf>
- Mukherjee, L. (2019). Hashing vs Encryption - Players of the Cyber Security World. Recuperado de <https://sectigostore.com/blog/hashing-vs-encryption-the-big-players-of-the-cyber-security-world/>
- Crane, C. (2020). What is Crypto Mining? How Cryptocurrency Mining Works. Recuperado de <https://sectigostore.com/blog/what-is-crypto-mining-how-cryptocurrency-mining-works/>
- Bit2me Academy. (2020). Minería Bitcoin ¿Cómo se crea un bloque? Recuperado de <https://academy.bit2me.com/mineria-bitcoin-como-se-crea-un-bloque/>
- Lizano, A., Barrantes, R. (2019). Análisis de los aspectos que se involucran en las tres principales áreas: minado, comercio, y compra / venta de Criptomonedas en Costa Rica. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/123456789/273/An%c3%a1lisis%20aspectos%20involucran%20tres%20principales%20%c3%a1reas%20criptomonedas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- C.N. (2020). Los cinco principales pools de minería de bitcoins en 2019. Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. <https://www.criptonoticias.com/mineria/cinco-principales-pools-mineria-bitcoins-2019/>
- Bit2me Academy. (2020). ¿Qué es una pool de minería de criptomonedas? Recuperado de <https://academy.bit2me.com/que-es-pool-mineria-criptomonedas/>
- BitcoinWiki. (s. f.). Comparison of mining pools. Comparison of Mining Pools. Recuperado de https://en.bitcoin.it/wiki/Comparison_of_mining_pools
- Maldonado, J. (2020). Minería en la nube ¿Mito, Fraude o Realidad? Recuperado de <https://es.cointelegraph.com/explained/cloud-mining-myth-fraud-or-reality>
- Ciset. (2021). Hardware (HW). Recuperado de <https://www.ciset.es/glosario/451-hardware>
- Bit2me Academy. (2020). ¿Qué es un Rig de minería? Recuperado de <https://academy.bit2me.com/que-es-rig-de-mineria>
- Grosso, N. (2021). Todo lo que quisiste saber sobre las granjas de minado. Recuperado de <https://www.muyinteresante.es/tecnologia/articulo/todo-lo-que-quisiste-saber-sobre-las-granjas-de-minado-921623497710>
- Bitcoin.com. (2021). Your gateway to Bitcoin & beyond. Recuperado de <https://www.bitcoin.com/>
- Montoya, M. (2016). Inversión en Bitcoins. Modelo para Costa Rica. (Tesis de maestría). Recuperado de https://repositorio.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6548/Inversion_bitcoins.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Thompson, B. (2021). 10+BEST Cloud Mining Sites (Bitcoin, Ethereum Mining). Recuperado de <https://www.guru99.com/best-cloud-mining-sites-trusted.html>
- CoinList. (2021). Guía de Cardano | Aprende todo sobre ADA | Coinlist.me. The Home of Altcoins: All About Crypto, Bitcoin & Altcoins | Coinlist.me. <https://coinlist.me/es/altcoins/cardano/>
- E.I. (2021). Bitcoin y Ethereum: ¿Cuáles son sus diferencias? Bitcoin y Ethereum: ¿Cuáles son sus diferencias? <https://www.estrategiasdeinversion.com/analisis/bolsa-y-mercados/informes/bitcoin-y-ethereum-cuales-son-sus->

diferencias-n-469691

- Coin List. (2021). Guía de Binance Coin. The Home of Altcoins: All About Crypto, Bitcoin & Altcoins | Coinlist.me. <https://coinlist.me/es/altcoins/binance-coin/#la-tecnologia-detras-de-binance-coin>
- Solé, R. (2021). Rig minería. Profesional Review. https://www.profesionalreview.com/2021/08/08/que-es-rig-mineria/#Placa_base
- Mesa, R. (2021). Cómo minar bitcoins con una GPU usando CGMiner. Directivos y Empresas. <https://www.directivosyempresas.com/internet/tecnologia/como-minar-bitcoins-con-una-gpu-usando-cgminer/>
- Cárdenas, H. (2020). Claymore: software especializado para minería de múltiples criptomonedas. Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. <https://www.criptonoticias.com/mineria/claymore-softwares-especializados-mineria-multiples-criptomonedas/>
- Frers, A. (2021). ¿Qué son las granjas de criptomonedas? Recuperado de <https://www.ambito.com/finanzas/criptomonedas/que-son-las-granjas-n5204795>
- Bit2me Academy. (2020). Minar bitcoins, ¿en qué consiste y cómo funciona? Recuperado de <https://academy.bit2me.com/que-es-minar-bitcoins/>
- THE WEEK. (2021). 5 of the Largest Bitcoin Mining Farms in the World. Recuperado de <https://www.theweek.in/news/biz-tech/2021/03/24/5-of-the-largest-bitcoin-mining-farms-in-the-world.html>
- Solé, R. (2021). Rig minería: este es el hardware y las tarjetas gráficas que necesitas para la minería de Ethereum. Profesional Review. <https://www.profesionalreview.com/2021/08/08/que-es-rig-mineria/>
- Gas Now — ETH Gas Price quotation system based on Pending transactions. (2021). Etherscan. <https://www.gasnow.org>
- Donmez, A., & Karaivanov, A. (2021). Transaction Fee Economics in the Ethereum Blockchain. Department of Economics, Simon Fraser University. Published. http://www.sfu.ca/~akaraiva/DK_current.pdf
- Quonty. (2020). La importancia de la refrigeración y el mantenimiento de tu PC. Blog de Informática, Electrónica, Gaming y Tecnología. <https://www.quonty.com/blog/la-importancia-de-la-refrigeracion-y-el-mantenimiento-de-tu-pc/>
- elBitcoin.org. (2013). Tutorial: Cómo minar bitcoins – Parte 14: Enfriamiento. Bitcoin en Español. <https://elbitcoin.org/tutorial-como-minar-bitcoins-parte-14-enfriamiento/>
- Allen, M. (2018). How to Set Up Bitcoin Mining and How to Get Started Bitcoin Mining: All You need To know on How To Set Up Bitcoin Mining. DataCenters. <https://www.datacenters.com/news/how-to-set-up-bitcoin-mining-and-how-to-get-started-bitcoin-mining-all-you-need->
- Bitmain. (2018). Do's and don'ts of a new Antminer. Bitmain Support. <https://support.bitmain.com/hc/en-us/articles/360001836994-Do-s-and-don-ts-of-a-new-Antminer>
- HiveOs, H. (2020). How to build a mining farm in 2020 - Hive OS. Medium. <https://medium.com/hiveon/how-to-build-a-mining-farm-in-2020-8dc6bcd2a452>
- Riddett, J. (2020, 30 junio). Do You Need A Fast Internet Connection To Mine Cryptocurrency? Easy Crypto Hunter. <https://easycrypto.codegalaxy.co.uk/do-you-need-a-fast-internet-connection-to-mine-cryptocurrency/>
- How Much Internet Speed Do You Need To Mine Bitcoin? (s. f.). InternetAdvisor.Com. Recuperado 10 de septiembre de 2021, de <https://www.internetadvisor.com/how-much-internet-speed-do-you-need-to-mine-bitcoin>
- Sánchez, A. (2018, 25 septiembre). Minería de criptomonedas. Blockchain Murcia. <https://blockchainmurcia.org/2018/08/31/mineria-de-criptomonedas/>
- Solé, R. (2021, 9 agosto). NVIDIA LHR: La solución que limita la minería de Ethereum con gráficas gaming. Profesional Review. <https://www.profesionalreview.com/2021/06/17/nvidia-lhr/>

CAPITULO 3

Conectando la matriz eléctrica con la criptominería

A lo largo de esta investigación se describió de manera exhaustiva la matriz eléctrica costarricense, dejando en claro la gran capacidad energética de fuentes renovables con la que se cuenta, algo envidiable a nivel mundial. También queda en evidencia que dicha matriz cuenta con una problemática compleja: la monopolización de la producción energética promueve la existencia del desuso de un gran potencial de energía verde. En otras palabras, la legislación no permite el crecimiento de la producción eléctrica privada y su desarrollo se centra meramente en el abastecimiento nacional, inclusive, quedó claro que el gobierno genera constantes limitantes hacia la producción privada, eliminando contrataciones futuras y dejando a decenas de productores de energía hidroeléctrica, eólica, entre otras, sin más que cerrar operaciones.

Por otro lado, esta investigación también generó un trabajo descriptivo sobre las criptomonedas, las cuales muestran un crecimiento acelerado, y su uso a nivel global pareciera ser inevitable. A pesar de que pareciera ser el futuro de los mercados financieros, se identificó un problema importante, el cual es el uso desmedido de energía para el mantenimiento de los procesos de verificación y seguridad de estos activos. Dicho uso desmedido no sería un problema tan grande de no ser que la energía utilizada proviene, mayoritariamente, del petróleo. En los capítulos anteriores se responden con más profundidad muchos de estos temas.

Dadas estas dos situaciones, los autores de esta investigación ven en la matriz eléctrica costarricense una gran oportunidad para el desarrollo de proyectos de criptominería, los cuales necesitan grandes cantidades de energía, y a su vez, la matriz costarricense pide a gritos una solución para su desuso. Visibilizar la posibilidad de generar dicha actividad de la mano de la producción energética privada -que en su totalidad es de fuentes renovables- es sin duda alguna una salida también a la problemática relacionada con el impacto ambiental que están teniendo las criptomonedas.

Hay varias preguntas alrededor de esta premisa planteada, las cuales este documento planea resolver con miras a responder si realmente es factible conectar la matriz costarricense con la producción de criptominería. Primero, ¿Es factible el uso de la producción eléctrica para el desarrollo de la minería? Segundo, ¿Hay modelos similares alrededor del mundo? y, por último, ¿Es rentable realizar procesos de criptominería con recursos renovables en el país?

Cada una de estas preguntas se responde en una subsección diferente y con diferentes metodologías investigativas, en específico:

La factibilidad de la producción eléctrica para el desarrollo de la criptominería se indaga por medio de dos trabajos de campo, en específico, dos visitas, las cuales son documentadas por medio de la metodología de observación. Se realizó una visita a un espacio con energía solar, el cuál utiliza la generación distribuida para autoconsumo, por otro lado, se visitó una planta privada de producción hidroeléctrica, que debido a ciertas políticas estatales en materia eléctrica tuvo que apagar sus operaciones. Todas estas particularidades se explicarán a lo largo del documento.

Por otro lado, por medio de investigación descriptiva, se indagará en diferentes modelos a nivel global donde se utilizan las energías renovables para la criptominería, ahondando en modelos con fuentes hidroeléctricas, eólicas, entre otros. En este mismo apartado se analizarán los retos a los cuales se han enfrentado estos modelos para el desarrollo de esta actividad con este tipo de energías.

Una vez abarcado lo anterior, se profundizará en la rentabilidad del proceso de criptominería con recursos renovables en el país. Para ello se construyó una pequeña prueba empírica en donde, gracias al patrocinio de la empresa Cripto para la Gente SRL, se construyó y operó una máquina de minería para ser puesta en funcionamiento en tres espacios: (1) en un domicilio residencial, donde se contaba con tarifa energética residencial, (2) en un espacio con generación distribuida para autoconsumo, con energía de paneles solares, y, por último, (3) en una planta de generación hidroeléctrica, de origen privado. Esta prueba empírica tiene fines descriptivos y se maneja por aproximados, por lo que más que evidencia científica o precisión numérica, lo que buscó fue la ilustración de los procesos de criptominería bajo diferentes escenarios, por tanto, una evaluación de su rentabilidad.

Determinando la presencia de excedentes energéticos en Costa Rica: Trabajos de campo

Este documento contiene una recopilación de dos trabajos de campo que se realizaron con el propósito de evidenciar y visualizar el excedente de energía eléctrica que existe en Costa Rica. En esencia, se trata de una visita a una planta hidroeléctrica ubicada en la provincia de Alajuela; la otra documentación fue en un restaurante de la provincia de San José, donde se implementó la modalidad de Generación Distribuida para Autoconsumo.

Estas visitas guiadas son necesarias para el proyecto de investigación y la realidad nacional, pues persiste una gran falta de información con respecto a los excedentes energéticos en el país. En ese sentido, estos procesos cumplen varios objetivos. Por un lado facilitan la documentación de datos reales e importantes sobre la materia. Se trata de información que contribuye a solventar la actual faltante. Además, los trabajos que derivan de estos ejercicios pueden servir de insumos muy útiles para la generación de políticas públicas desde el gobierno, de forma tal que las medias implementadas efectivamente se apeguen a la realidad de la situación energética del país.

Así, a lo largo de esta subsección quedará en evidencia que la producción de energía eléctrica en Costa Rica está generando un gran excedente energético. Un recurso que si bien es cierto es plenamente utilizable para diversas actividades de interés particular (como la criptominería) y colectivo, la actual estructura legal imposibilita su libre comercialización atando a los generadores privados de manos a merced del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)

Metodología

A continuación, se explica la metodología empleada en los dos trabajos de campo desarrollados. Particularmente cabe resaltar que en ambos casos se recurrió a la misma técnica: la observación. Álvarez-Gayou citado en Sibaja (2013) argumenta que el ejercicio de la observación como una estrategia para recoger información no se reduce a una actividad visual para recabar datos, sino que va más allá. “Se trata de toda una experiencia de recolección de información sobre el mundo que nos rodea o el entorno por estudiar, donde se involucran ‘... todas las facultades humanas relevantes.’” (Sibaja, 2013, p. 75).

En estas visitas de campo, la observación realizada buscaba responder a diversas cuestiones. En primer lugar, interesaba documentar la existencias de plantas de generación de electricidad a partir de energías renovables (en este caso particular, una metodología hidroeléctrica) dominio privado por un lado; también constatar la demanda que existe por la Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA). En este mismo sentido, resultaba importante constatar la relación contractual de estos actores dentro de la matriz eléctrica nacional, con el ICE y su imposibilidad de comercializar su producción con otro sujeto que no sea esta institución.

Adicionalmente, resultaba necesario con estas visitas verificar la viabilidad de implementación de otros tipos de proyectos para favorecer el aprovechamiento de la energía que de otra forma se mantendría ociosa. Buscar posibilidades para generar beneficios particulares o colectivos, a partir de los excesos de electricidad que llegan a acumular los denominados “prosumidores”.

Tipo de observador

Sibaja (2013) cita a Junker al explicar que un observador como participante se emplea cuando “el investigador cumple la función de observador por tiempos cortos” (p. 74). Ahora bien, en estos trabajos de campo se implementó esta categoría de observador. Las vistas buscaban registrar los elementos y aspectos mencionados en la sección anterior, sin involucrarse en el funcionamiento de las instalaciones como tales. Así, al realizar los trabajos durante un lapso determinado, se logró recopilar la información necesaria sin estropear o interrumpir las labores diarias del lugar.

Tipología de la observación

El tipo de observación empleado en estas visitas guiadas fue el denominado sistema descriptivo. Con relación a este sistema, Rodríguez et al en Sibaja (2013) señalan que en esta metodología se destaca que “(...) la identificación del problema se hace con base en conductas, acontecimientos o procesos concretos (...)” (p. 77). En efecto, con los presentes trabajos de campo se pretendía documentar una amplia gama de características, elementos y dificultades que puede significar o conllevar el trabajar con una planta hidroeléctrica y/o un sistema de GDA, así como el manejo de la electricidad que se produce en esos escenarios.

Trabajo de campo N° 1: restaurante con método de Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA) en San Pedro de San José

Este trabajo de campo se llevó a cabo con la intención de registrar el funcionamiento de la modalidad de Generación Distribución para Autoconsumo (GDA), que permite convertir al ordinario consumidor en un “prosumidor”, implementado en un restaurante ubicado en San Pedro. A diferencia de la planta hidroeléctrica en la provincia de Alajuela, el acceso al restaurante fue de mucha facilidad. Dado que el sitio está en plena Gran Área Metropolitana (GAM), el relieve y las condiciones de la vía fueron muy manejables con cualquier tipo de vehículo.

De primera mano, al llegar al comercio se denotó un inmueble espacioso, con grandes áreas, y con un buen sistema de ventilación. El recorrido realizado en el lugar evidenció que además de las características recién apuntadas, la capacidad energética y las facilidades de seguridad, propician las condiciones idóneas para llevar a cabo criptominería.

El restaurante cuenta con paneles solares implementados bajo la modalidad de GDA con conexión a la matriz eléctrica nacional. Este sistema solar consta de tres equipos para la generación eléctrica. El primero con una capacidad de generación de 695 Kilowatts por hora, el segundo con un rendimiento de producción igual al anterior. El tercer equipo implementado en el restaurante registró un nivel de generación de 810 Kilowatts por hora, para un total de 2199 Kilowatts por hora.

El dueño del restaurante comentó que si bien es cierto el negocio cerró operaciones comerciales por motivos personales, los tres paneles solares que conforman el sistema energético siguieron trabajando. De esta forma, el restaurante empezó a registrar un excedente eléctrico muy importante que, dada la modalidad de GDA del sitio, se debe regresar o inyectar de vuelta a la matriz nacional. Dado el marco regulatorio implementado en el país, señala el dueño del negocio, no tienen alternativa alguna para aprovechar la electricidad sobrante comercialmente, pues están sujetos al control del ICE. Dado lo anterior, la visita guiada realizada en ese restaurante, y la observación de los procesos de producción energética desarrollada reafirmaron los datos y la información que conforma el capítulo titulado Generación Distribuida para Autoconsumo, de esta investigación.

Particularmente, el trabajo de campo desarrollado en este restaurante buscaba atender y responder a ciertas interrogantes. El cuadro N° 2 contiene una lista con esas tres preguntas:

Cuadro N° 1: Interrogantes a responder a partir de la visita guiada a San Pedro

Pregunta
¿Existen “prosumidores” que, bajo la modalidad de Generación Distribuida para Autoconsumo, sostengan una sobreproducción energética?
En caso de que efectivamente se esté produciendo más electricidad de la que se requiere, en términos energéticos, ¿qué tan viable es, en términos del recurso energético, emplearlos para otras actividades?
¿Qué tan constante y confiable es la producción de electricidad con esta tecnología?

Fuente: elaboración propia

La visita al restaurante en San Pedro evidenció dos cuestiones en específico. Por un lado, que los consumidores regulares sí han buscado emigrar hacia un modelo de participación productiva a través de las modalidades de GDA. Por otro lado, que este proceso de generación eléctrica efectivamente puede conllevar una sobreproducción energética.

Si bien es cierto que el dueño señaló que el restaurante cerró operaciones, por lo que toda la generación de energía eléctrica se estaba reinyectando a la red nacional, esto no es motivo para argumentar que no es viable emplear los eventuales excedentes en otras actividades. Las pruebas de criptominería satisfactorias realizadas en el sitio fortalecen esta posición.

Las pruebas realizadas para corroborar la estabilidad del internet y la capacidad energética, arrojaron resultados sumamente satisfactorios que permiten sostener que sí se trata de electricidad suficientemente para alimentar actividades de alto consumo energético, tales como la minería de criptomonedas.

Trabajo de campo N° 2: planta hidroeléctrica en Poás de Alajuela

Este trabajo de campo tuvo como objetivo documentar la estructura de funcionamiento de una planta de generación de energía hidroeléctrica en la localidad de Poás, provincia de Alajuela. En primer lugar, es importante apuntar que el acceso a las instalaciones estuvo restringido por dos motivos principales: el sitio es propiedad privada, y el accidentado relieve del camino dificultó su tránsito. Al respecto de lo anterior resulta relevante hay que señalar que el uso de un automóvil alto es recomendable pues además de la geografía quebrada, se necesita atravesar un río que en tiempo lluviosos puede impedir el acceso a la planta. La vibración provocada al atravesar el camino puede provocar daños en el equipo.

Al llegar a las instalaciones, se evidenció una gran extensión de terreno que facilita la organización y distribución de los equipos instalados. El personal de planta propuso una explicación guiada de las diversas etapas que compone el proceso de generación eléctrica con base en la precipitación del agua. Se visitó la zona del embalse, la cabina de la turbina, y demás técnicas energéticas que forman parte de la secuencia de trabajo que se lleva a cabo en el lugar. Durante la explicación se ahondó sobre la capacidad de producción energética con la que cuenta el sitio: 3 Mega watts (MW).

Asimismo, durante la visita dirigida se comentó la situación contractual de la planta hidroeléctrica. Debido al término de su relación comercial (y falta de renovación de esta) con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), se estaba registrando un importante nivel de excedente de producción que no podía ser comercializado de ninguna forma y por lo tanto se estaba desperdiciando. Durante el recorrido se pudo observar la planta en funcionamiento, así como el importante desaprovechamiento de la generación. Adicionalmente, el dueño de la planta mencionó que vive la misma situación con otras dos plantas de producción. Las cuales aún no han apagado operaciones, pero, están pronto a realizarlo.

Con relación a lo anterior, el personal de la planta mostró un plan piloto que estaban desarrollando en el sitio como reacción a la necesidad de implementar mecanismos para minimizar el desperdicio. Se trataba de la generación de un “data center”, en donde las personas puedan instalar distintos equipos computacionales que manejen un alto nivel de consumo energético, bajo un contrato de arrendamiento de espacio. Efectivamente, el recorrido realizado en la visita permitió corroborar los datos que conforman el capítulo Sub-utilización energética en Costa Rica, de esta investigación.

Particularmente, el trabajo de campo desarrollado en esta planta hidroeléctrica buscaba atender y responder a ciertas interrogantes. El cuadro N° 1 contiene una lista con esas tres preguntas:

Cuadro N° 2: Interrogantes a responder a partir de la visita guiada a Poás

Pregunta
¿Existen plantas de producción privadas que estén presentando excedentes energéticos?
De haber sobrantes eléctricos, ¿qué tan viable es, en términos del recurso energético, emplearlos para otras actividades?
¿Cuál es la situación legal o regulatoria de esos posibles excedentes de electricidad producida?

Fuente: elaboración propia

En efecto, la visita realizada a la planta hidroeléctrica en Poás contribuyó a corroborar la existencia de sitios de producción de dominio privado que están presentado importantes sobrantes de electricidad, producto del cese o finalización de contratos. Se trata de información fundamental para la industrial que no se encuentra correctamente documentada por medios oficiales.

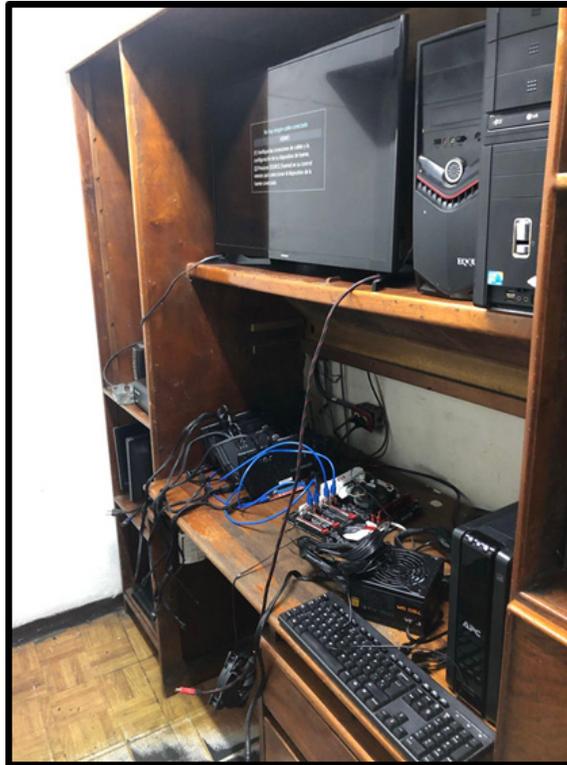
A su vez, el recorrido en el lugar y sus instalaciones evidenciaron que los niveles de excedentes eléctricos son suficientes para que sea viable implementar otro tipo de actividades. En este sentido se rescata el plan piloto presentado en el sitio, el cual pretende instaurar un “data center” donde terceros puedan rentar un espacio para instalar equipos computacionales que demanden grandes cantidades de electricidad.

Finalmente, las conversaciones que se plantearon durante y después del recorrido apuntaron a que la legislación competente en este campo obliga a los “prosumidores” a entregar todos sus sobrantes al ICE como institución jerarca del sector, lo que les imposibilita comercializar el producto.

Anexos

La siguiente fotografía forma parte del proceso del trabajo de campo realizado en un restaurante en San Pedro de la provincia de San José. En ella se puede observar un espacio dentro del sitio adecuado para llevar a cabo la minería. Cabe resaltar que en esa oportunidad se recurrió a equipo para verificar la estabilidad eléctrica y de internet. Ese ejercicio resultó muy satisfactorio. (Esta imagen cumple con funciones meramente ilustrativas)

Imagen N° 1: Espacio adecuado para criptominería dentro del restaurante en San Pedro



Fuente: Imagen propiedad de André Campos Reyes, autor de la investigación.

La subsiguiente imagen presenta la zona del embalse con el que trabaja la planta hidroeléctrica visitada en Poás de la provincia de Alajuela. (Esta imagen cumple con funciones meramente ilustrativas)

Imagen N° 2: Embalse de planta hidroeléctrica en Poás, Alajuela



Fuente: Imagen propiedad de André Campos Reyes, autor de la investigación.

Esta imagen representa otra etapa del proceso de producción eléctrica. En efecto muestra el caudal residual luego del proceso energético. Esta agua es posteriormente canalizada hacia otra planta de producción para reproducir el proceso de generación energética. (Esta imagen cumple con funciones meramente ilustrativas)

Imagen N° 3: Agua residual de planta hidroeléctrica en Poás, Alajuela



Fuente: Imagen propiedad de André Campos Reyes, autor de la investigación.

Modelos de criptominería con fuentes de energía renovables

Es vital responder la siguiente pregunta: ¿Existen modelos de criptominería con uso de fuentes renovables? La respuesta a esta incógnita permitiría visibilizar estos modelos con el fin de resaltar la viabilidad de aprovechar los excedentes existentes para el desarrollo de estos modelos de criptominería limpia. Dicha pregunta se busca contestar a continuación.

Según Hernández (2018), el auge de la criptomoneda a nivel mundial ha implicado que las principales compañías de esta gran industria despierten sobre el impacto ambiental que conlleva la producción. En consecuencia, han reiterado su interés por minimizar este impacto comprometiéndose con el medio ambiente para implementar tecnologías que permitan generar criptomonedas con fuentes cien por ciento renovables.

Uno de los precedentes que ha marcado el compromiso de las compañías de criptominería es el Crypto Climate Accord (CCA), en donde varias empresas, incluida la empresa minera global Argo Blockchain, generaron un consenso basado en el Acuerdo Climático de París. En él se plasmó una iniciativa para toda la comunidad cripto minera con objetivo es descarbonizar la industria de la criptomoneda y blockchain para evitar que, aunque haya un crecimiento constante en el consumo de energía en la tecnología, este proceso no genere un impacto ambiental.

Hoy más de 150 empresas se han afiliado al CCA como patrocinadores. Esto no significa que cada patrocinador tenga su organización completamente descarbonizada, pero es símbolo que se comprometen a lograr cero emisiones netas del consumo de electricidad en operaciones relacionadas a criptomonedas para el 2030.

Dada esta situación, a diferencia de años atrás, la actualidad muestra diferentes modelos de criptominería con uso de fuentes renovables. En esta subsección se detallarán los principales modelos de esta índole, detallando sus características más importantes. De esta manera se podrá comprender la existencia de esfuerzos de modelos de criptominería limpia.

Principales Modelos de Criptominería con Fuentes de Energía Renovables.

Criptominería con energía solar:

Las criptominería ha llegado al mundo renovable, específicamente, al mundo de la generación solar; con esto nace Solarcoin, una moneda digital lanzada en enero del 2014 cuyo objetivo es fomentar el uso de la energía solar fotovoltaica y el autoconsumo eléctrico utilizando una tecnología muy conocida llamada blockchain (red global descentralizada en donde se dan todas las transacciones de criptomonedas del mundo). En otras palabras, esta tecnología genera un registro descentralizado de la energía eléctrica producida por medio de los paneles solares. De esta forma el propietario registra la instalación en una plataforma de monitoreo y deben descargar una billetera compatible con Ethereum para crear una dirección de recepción que va a funcionar como cuenta bancaria. El sistema de monitoreo se encarga de enviar a SolarCoin los datos de cuánto se ha producido y a su vez se depositan Solarcoins a la billetera del propietario de la instalación solar, se envía 1 SolarCoin por cada MWh (Mega watt) de producción eléctrica verificada.

Minería de Bitcoin con energía Hidroeléctrica

Constantemente se menciona el alto grado de consumo de energía que conlleva la minería. Sin embargo, no se aborda el hecho de que ello ayuda a los productores de electricidad a evitar el desperdicio de energía hidroeléctrica. Esto ya que, en muchas ocasiones por el tema de temporadas climáticas, al ocurrir excesivas lluvias puede generar más energía de la que se consume directamente; es aquí donde las granjas de minería pueden mitigar este desperdicio y no generar ningún coste adicional para el medio ambiente.

En China, durante las épocas lluviosas, las centrales hidroeléctricas llenan su capacidad en tiempo récord, lo que hace que los servicios públicos reduzcan sus tarifas con el fin de estimular el consumo de energía barata y renovable que brindan las plantas hidroeléctricas. Según el gerente de Bitcoin.com, Shaun Chong, el beneficio de este excedente de energía en el acuñamiento de criptomonedas es mutuo; una manera de financiar energía renovable y ganancias en ambos sentidos. Bitcoin.com asegura que la gran mayoría de empresas mineras de Sichuan tienen contratos con plantas hidroeléctricas que ofrecen precios más bajos para los mineros, lo que genera ganancias a los productores, ya que sino solamente se perderían estos excedentes energéticos.

Según Kirk Su (2021), es más rentable para los mineros generar contactos con plantas de energía privada, ya que las gubernamentales establecen una serie de requisitos oficiales que elevan altamente los costos de producir una granja.

En el caso de Rusia, tras la disolución de la URSS muchas industrias pesadas hicieron que no se consuma la capacidad de producción; compañías eléctricas locales como Irkutsk Energía y Eurosibenergo están haciendo intentos por adquirir terrenos para granjas mineras y así brindar energía barata y renovable. Lamentablemente todas estas iniciativas y oportunidades están siendo entorpecidas por la falta de un panorama legal integrado al ámbito criptográfico.

Cripto Minería con energía eólica:

Al igual que la energía solar e hidráulica, la minería puede absorber excedentes energéticos de otros recursos naturales renovables, como es el uso de energías eólicas y nucleares.

Según el CEO de Race-Cap, Arthur Davis, Estados Unidos y Suecia cumplen los requisitos perfectos para la criptominería. Tal es el caso que en este último país es donde Race-Cap instaló su proyecto "Sky Computing". El mayor inconveniente para las mineras de criptomonedas suecas, son que, en las zonas de alta capacidad hidroeléctrica debido a sus concurridos periodos lluviosos, el clima es tan frío que lleva a ser contraproducente para el equipo minero. Por lo tanto, las energías eólicas y nucleares son bastante útiles ya que se hallan en zonas con mejores condiciones climáticas y no son dependientes del periodo del año en que se encuentre.

Como podemos observar, es evidente que la criptomoneda ofrece una vía útil de aprovechamiento de excedentes de energía, que para los productores de esta sólo representaría una pérdida. Así se puede convertir en un escenario de ganar en ambos sentidos. Es decir, tanto los productores generan ingresos, como los mineros ahorran costos en su actividad; esto sin mencionar el aporte ambientalista que se está generando al aprovechar al máximo estas fuentes renovables. Posteriormente, puede surgir la pregunta sobre qué obstáculos pueden presentarse para la implementación de energías renovables, los cuales abordaremos a continuación.

Principales Obstáculos para la implementación de Energías Renovables

Según el artículo “La energía renovable en la minería” (2018), existen diferentes obstáculos para la implementación de las energías resultantes de fuentes renovables para actividades energético-intensivas; los inconvenientes son clasificados en 5 categorías:

- Técnicos

Las fuentes renovables poseen por su misma naturaleza una gran variabilidad por estaciones climáticas, lo que dificulta la construcción de centrales cerca de espacios adecuados para la actividad.

- Experiencia

Esta clasificación incluye los factores relacionados a la experiencia limitada del sector industrial en la construcción, operación y adquisición de energías renovables.

- Financiación

Las compañías no buscan comprometerse con acuerdos de compra de energía a largo plazo debido a la incertidumbre, por lo que una financiación estable se complica, en especial en industrias con cierto grado de inestabilidad.

- Regulación

Las trabas relacionadas a la regulación son a causa de los subsidios existentes en el uso de los combustibles fósiles, además de que los gobiernos están poco orientados a fomentar el uso de energías renovables.

- Intereses

Los intereses gubernamentales o del ámbito privado pueden no ir en dirección del uso de energías renovables por el afán de un gran lucro.

Es importante mencionar que este artículo hace referencia a los procesos de minado, no de criptominado. No obstante, estas actividades comparten el uso intensivo de la energía, y la característica de ser una industria con un gran grado de incertidumbre.

Analizando la rentabilidad

Como se mencionó al principio de este documento, la rentabilidad del proceso se evalúa por medio de la implementación de una prueba empírica. A partir de la implementación de minería en tres escenarios. A continuación, se menciona la prueba a realizar:

Prueba empleada

La idea central es la realización e implementación de un proceso de criptominería que se realizó en tres fases:

- Construcción de la máquina de criptominería
- Operatividad de la máquina en tres diferentes escenarios
- Evaluación de resultados.

Construcción de la máquina de criptominería

De la mano de toda la información recopilada en esta investigación, y gracias al acompañamiento de Cripto para la Gente SRL, se procedió a realizar la construcción de una máquina de criptominería, para después poner en marcha su operatividad en tres diferentes espacios.

Se consideró que lo más adecuado era la construcción de una máquina con las siguientes características:

- Rig de minería estilo GPU
- Minado de la moneda Ethereum (ETH)

La razón de la adopción de un rig estilo GPU respondió a dos factores. El primero, sus componentes son flexibles. Esto quiere decir que, una vez terminado el proceso de minería, a diferencia del ASIC, puede ser utilizado para cualquier otro proceso computacional, sus partes pueden ser vendidas y aprovechadas en otras labores. En pocas palabras, no se convierte en el corto plazo en basura electrónica. Por otro lado, como segundo punto, todos los componentes para armar dicha máquina se pueden conseguir en el país. No es necesario importarlos. Este último punto fue decisivo para el desarrollo de un rig de esta índole.

Por otro lado, se decidió realizar el minado de Ethereum ya que esta es la criptomoneda de mayor valor que aún se puede minar con una máquina con las características mencionadas. Además, esta criptomoneda, como se ha mencionado con anterioridad, presenta características importantes en cuanto a su creciente uso y estabilidad en cuanto a ingresos de minado. Esto ya que está en constante actualización.

La máquina armada contaba con las siguientes características:

Cuadro N° 3: Características de la máquina armada para minar

Componente	Modelo	Capacidad	Cantidad
Motherboard	Gigabyte Z170x Gaming 7 revision 1	6 PCIe	1
CPU	Core i3 6100	2 núcleos	1
Ram	DDR4 2400 8GB G.Skill Ripjaws V	8GB	1
GPU	ZOTAC RTX3070	60MH/s	4
SSD	ADATA SU650	120GB	1
PC Fan	Be Quiet Pure Wings 2 High Speed	1600RPM	4
Raisers	Genérico	-	3
Conexión de fuentes de alimentación	Genérico	-	1
Fuente de alimentación	EVGA Supernova Modular Gold	750W	2
Frame	Elaboración propia	-	1

Fuente: Elaboración propia

El consumo calculado de la máquina fue el siguiente:

Cuadro N° 4: Consumo de la máquina para minar

Consumo energético estimado del equipo en uso (W)		
Componente	Rango bajo	Rango alto
Motherboard	17	70
CPU	6	51
Ram	5	5
GPU	220	880
SSD	2	10
PC Fan	1.44	1.44
Raisers	NA	NA
Conexión de fuentes de alimentación	NA	NA
Fuente de alimentación	NA	NA
Frame	NA	NA
Total	250	1016

Fuente: Elaboración propia

El costo aproximado de la construcción total (y redondeado, para facilidad del ejercicio desarrollado) es de 5 000 dólares.

Los cálculos de ganancias de dicha máquina se presentan a continuación.

A partir de las ganancias verificadas del rig representativo, con datos reales proporcionados por Cripto para la Gente SRL, se tiene lo siguiente:

- Datos recopilados en un rango de fechas entre el 31/07/2021 y el 18/08/2021, por medio de una base proporcionada por Cripto para la Gente SRL
- Dicha máquina representativa proyecta una ganancia mensual de 0,18ETH
- Para calcular su valor en dólares, se utiliza el precio del ETH al 19/08/2021. Que equivale a 1 ETH = 3066,42 USD

Dado lo anterior, se tiene que la máquina utilizada para este ejercicio genera (con datos actualizados a las fechas presentadas) un total de 546,113 USD bajo la actividad de criptominería.

Para evaluar la rentabilidad se utilizará la misma ganancia en todos los casos, a pesar de haber fluctuado por diversos factores a lo largo de los meses. Esto se debe a que el propósito principal de dicha prueba empírica fue la revisión de los costos operativos y las calidades cualitativas de los aspectos específicos de cada espacio.

Operatividad

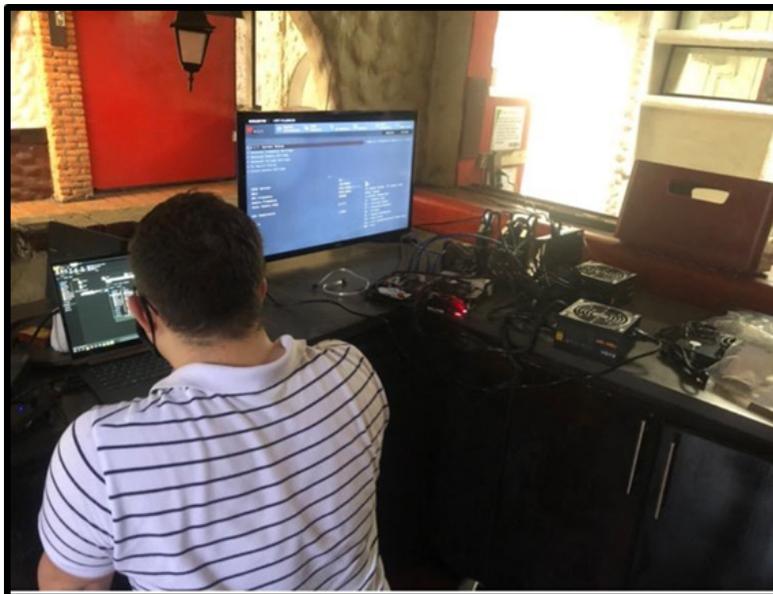
A continuación, se explica cada espacio donde fue puesto en marcha el proceso de criptominería, así como los procesos de negociación para lograr dicha operatividad.

Escenario 1: Espacio comercial con generación distribuida para autoconsumo

El primer espacio donde se operó la máquina fue en una habitación comercial, donde se contaba con paneles solares. Dicha habitación se encontraba cerrada y, por tanto, toda la energía proveniente de los paneles era depositada en el sistema de transmisión nacional. Si bien, dicha energía no era “desperdiciada”, sí era un desuso para sus dueños, quienes hicieron una inversión en la colocación de dichos paneles.

La siguiente imagen ilustra el espacio donde se realizó la instalación:

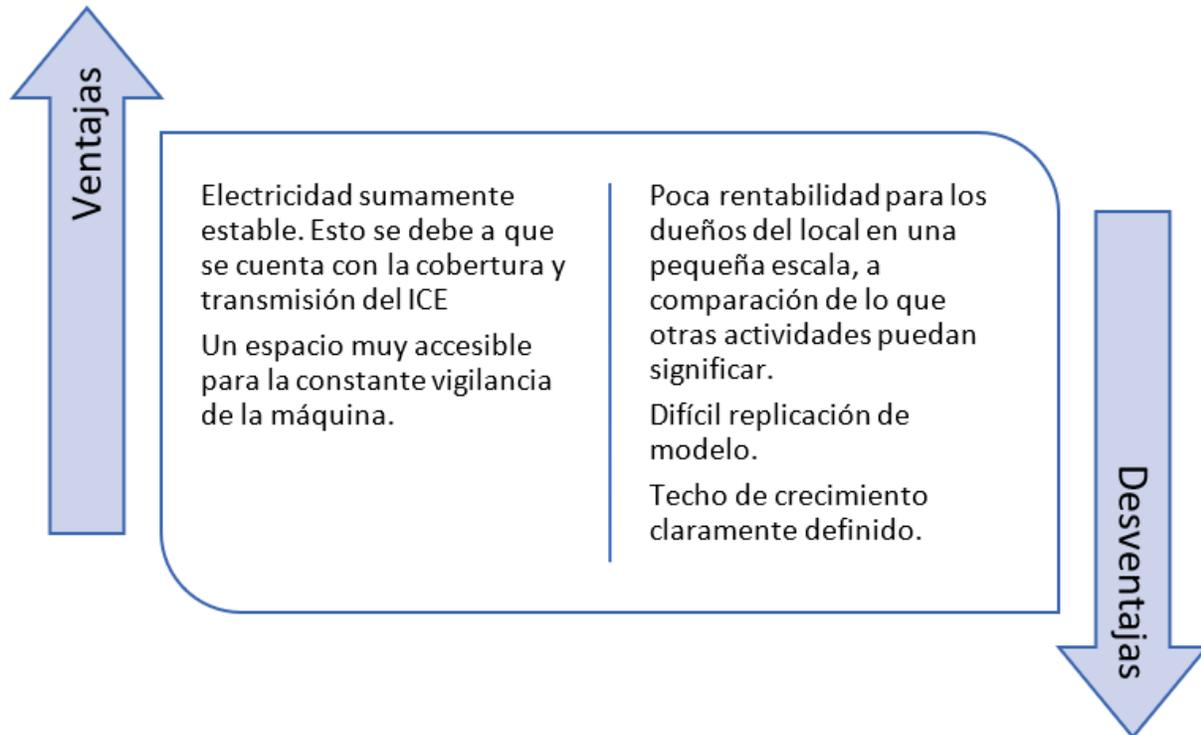
Imagen N° 4: Instalación de máquina en espacio con energía distribuida para autoconsumo.



Fuente: Imagen propiedad de André Campos Reyes, autor de la investigación.

A continuación, se presenta un cuadro con las ventajas y desventajas observadas del proceso de minado.

Diagrama N° 1: Ventajas y desventajas del minado bajo la modalidad de GDA



Fuente: Elaboración propia

Tal como se presenta anteriormente, este espacio tenía un nivel energético muy estable, óptimo para el proceso de criptominería. No obstante, como se menciona en el esquema anterior, a pesar de que el minado fue sumamente exitoso, y su accesibilidad era óptima, este modelo es complicado de replicar -debido a la complejidad de la generación auto distribuida, explicada anteriormente en esta investigación-, y, además, en una escala pequeña, no hay incentivos para que los dueños del establecimiento quieran desarrollar esta actividad en vez de alquilar el local, por ejemplo.

Escenario 2: Habitación residencial

El segundo escenario donde se realizó la operación de la máquina fue en un domicilio de uno de los investigadores. Se habilitó un espacio en el hogar para mantener la máquina operativa durante un mes. A continuación, se presenta una imagen ilustrativa de la máquina en dicho espacio.

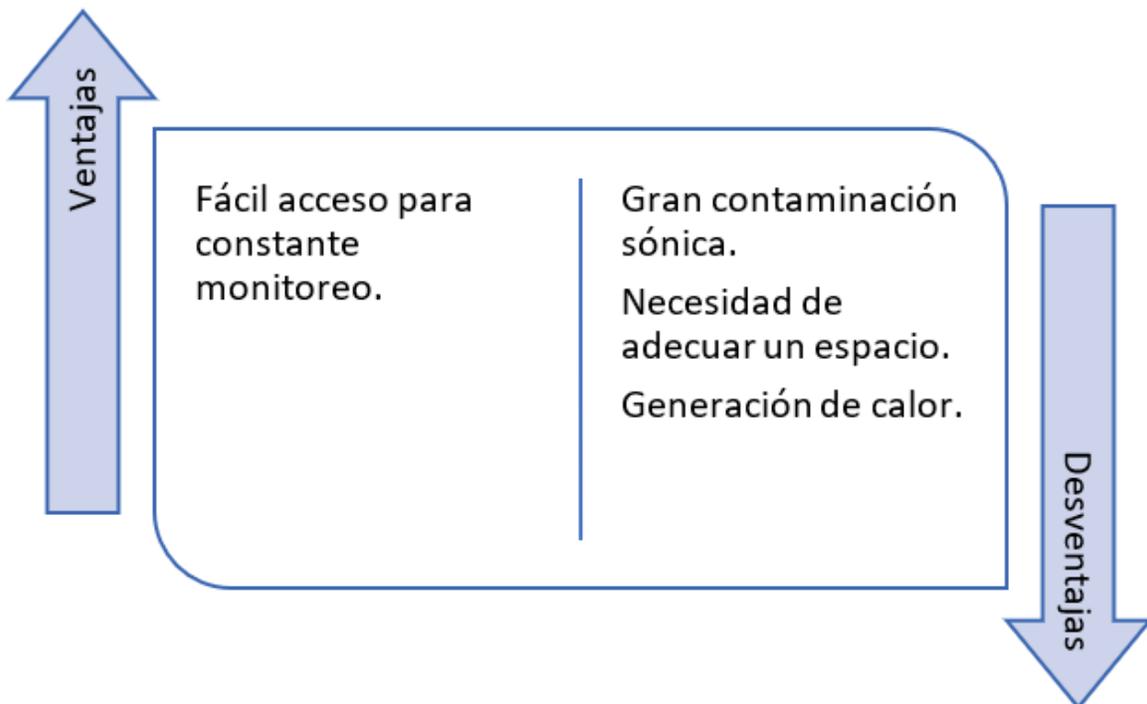
Imagen N° 5: Rig de minería en espacio de habitación.



Fuente: Imagen de propiedad de André Campos Reyes, autor de la investigación.

De igual manera, como con el escenario anterior, se presentan las ventajas y desventajas del proceso de minado:

Diagrama N° 2: Ventajas y desventajas del minado en una habitación residencial



Fuente: Elaboración propia

Solamente existen dos razones por la cual se recomendaría colocar una máquina de criptominería en un hogar: (1) para tenerla constantemente vigilada y/o (2) no tener otra alternativa.

La razón es que una máquina de esta índole genera calor, alterando el ambiente, y un ruido que podría volverse incómodo, dependiendo del tamaño del domicilio. Más adelante se analizarán los costos, lo cual será una cuarta razón para preferir como último recurso, el minado en casa.

A pesar de lo anterior, es importante identificar que el minado fue sumamente exitoso gracias a la constante vigilancia, puesto que un miembro del equipo de investigación lo tenía en su hogar y podía monitorear fallas.

Escenario 3: Planta hidroeléctrica privada

El último escenario donde se realizó el proceso de criptominería fue en una planta hidroeléctrica. Dicha planta es la misma en la cual en este apartado se documenta un proceso de trabajo de campo vía observación. Se tuvo la dicha de que la planta de producción hidroeléctrica contaba con un proyecto piloto, el cuál era la adecuación de un espacio estilo data center para la colocación de equipos ofimáticos de alto consumo energético.

Justo en dicho espacio fue colocada la máquina, tal como se ilustra en la imagen número 3:

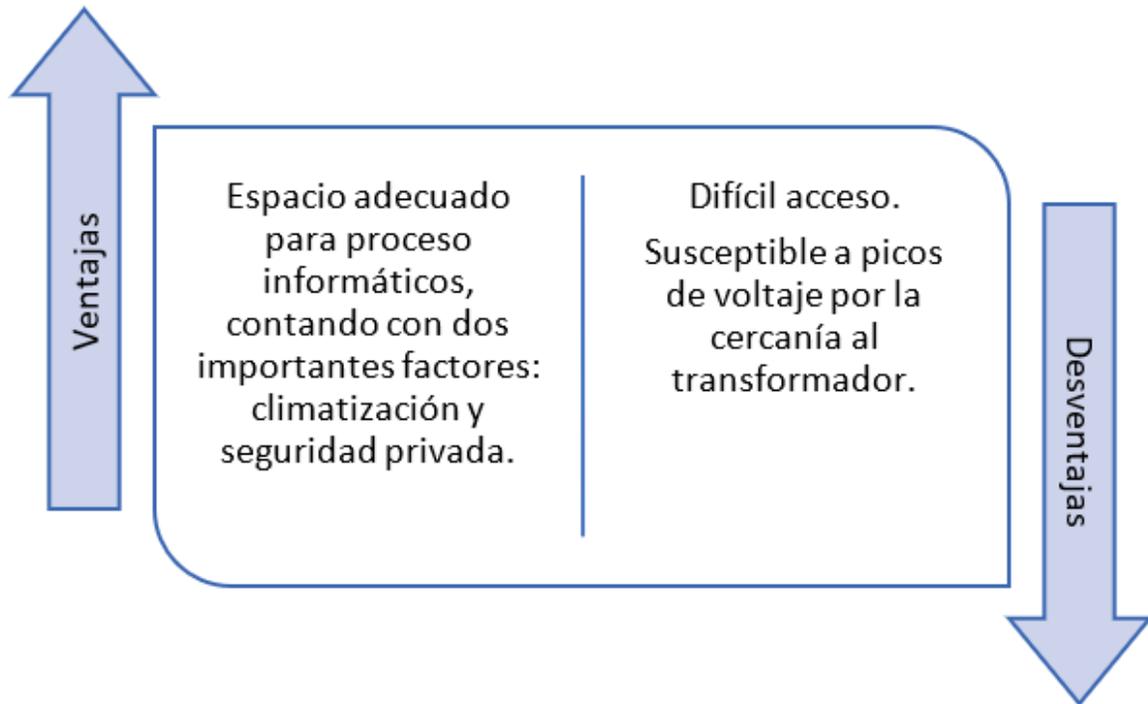
Imagen N° 6: Instalación de rig de minería en planta de producción privada.



Fuente: Imagen de propiedad de André Campos Reyes, autor de la investigación.

En seguida se realiza el último ejercicio de comparación de ventajas y desventajas, específico par el escenario 3:

Diagrama N° 3: Ventajas y desventajas del minado en una planta hidroeléctrica privada



Fuente: Elaboración propia

A pesar de ser un espacio adecuado para los procesos computacionales. Su acceso es complicado. Al igual que la mayoría de los espacios de producción eléctrica en Costa Rica, se encuentran en ubicaciones rurales muy alejadas a la ciudad. Además, en este espacio en particular era necesario un carro de doble tracción para llegar al data center.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que, al estar tan cerca de la fuente primaria de energía, existía susceptibilidad a picos de voltaje. Esto puede ser un problema en caso de que no se tomen las precauciones adecuadas. En el experimento realizado, se dañaron dos fuentes de alimentación debido a dicha inestabilidad y también a la falta de precaución del equipo.

Aun así, tomando las provisiones y omitiendo la falta de accesibilidad, es un espacio donde la criptominería se podría generar en una muy gran escala, ya que se cuenta con un volumen enorme de energía limpia.

Resultados

Al exponer el contexto y los aspectos más cualitativos del proceso, se procede a analizar la rentabilidad del proceso para cada uno de los espacios. Para ello se presentan unas tablas de resultados, las cuales muestran los costos de la criptominería para cada espacio; las ganancias, los beneficios netos mensuales y el retorno de inversión.

Antes de proceder con la presentación y el análisis de las tablas, es necesario mencionar los costos fijos a los cuales se incurrió para cada espacio.

Los costos negociados para cada espacio son una combinación de alquiler de espacio y pago energético. Dichos costos fueron resultado de un proceso de negociación con cada uno de los encargados de los espacios. Se presenta una aproximación del costo para cada caso y su descripción.

Espacio con energía auto distribuida

45\$

Dicho pago se negoció por motivo de alquiler de espacio y pago de

Habitación residencial

100\$

El pago corresponde únicamente al consumo energético, ya que no se contempló pago adicional por motivo de alquiler de espacio.

Planta de generación privada

55\$

Los 55 dólares contemplan el alquiler del espacio adecuado con energía suficiente para la operación de la máquina.

Para este costo no existió negociación, sino que ya había una tarifa

Fuente: Elaboración propia

Hay que entender que dichos pagos fueron costos negociados en específico para la operación de la máquina para esta prueba en particular. Estos costos varían dependiendo de la capacidad de negociación, el consumo energético de la máquina, el tipo de máquina, entre otros. Por lo que consideramos que es un costo representativo para máquinas con las mismas características a las planteadas en este experimento.

Cuadro N° 3: Costos, Ganancias y Beneficios totales de la criptominería

Espacio	Inversión	Costos	Ganancias	Beneficio neto mensual	Retorno de Inversión (meses)
E n e r g í a autodistribuida	5000\$	45\$	546,1\$	501,1\$	9,97
Residencia		100\$		446,1\$	11,2
Planta hidroeléctrica		55\$		491,1\$	10,1

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que la vida útil de una máquina es de alrededor de 2 años, tal como se presentó capítulos anteriores, es evidente que el proceso de minado es atractivo en cualquier espacio, no obstante, pareciera ser mucho más rentable bajo el uso de la generación autodistribuida.

Por supuesto, hay que contemplar los retos que presenta el minado en un espacio con generación autodistribuida, los cuales se mencionaron con anterioridad.

Para efectos de este apartado, queda demostrado lo más importante: sí es rentable minar con el uso de energías renovables. En Costa Rica, cualquiera de las tres modalidades presentadas anteriormente se contempla como minado limpio. Tal como se mencionó a lo largo de esta investigación, el 99,7%, y en algunas temporadas el 100% de la energía en el país es de fuentes renovables. En los otros dos casos es mucho más evidente que su fuente es renovable. Siendo así, inclusive en un domicilio, donde se considera contraproducente por los altos costos, esta actividad presenta un alto grado de rentabilidad.

Finalmente, se debe realizar una salvedad: si bien los estimados siempre difieren de los valores teóricos, éstos pueden servir de una

cota superior. Esto en el sentido de que en el proceso de la investigación se tuvo que sopesar una curva de aprendizaje y procesos que conllevaron prueba y error. Si se repitieran los experimentos en condiciones más adecuadas y con el conocimiento actual, los autores confían que la optimización podría traer mayores ganancias como las proyectadas en el capítulo anterior.

Bibliografía:

- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2018). La energía renovable en la minería. Braun & Sohn, Maintal, Alemania. https://rue.bmz.de/includes/downloads/La_energ__a_renovable_en_la_miner__a.pdf
- Baissari, J., Bárcenas, A., & Fuenmayor, C. (2019). Minar Bitcoin con energía solar: La alternativa más barata y rentable. Cypherbits. <https://cypherbits.net/minar-bitcoin-con-energia-solar-la-alternativa-mas-barata-y-rentable/>
- Hernández, F. (2021). Empresas firman acuerdo para generar criptomonedas 100% renovables. Energía Hoy. <https://energiahoy.com/2021/04/19/empresas-firman-acuerdo-para-generar-criptomonedas-100-renovables/>
- Hernández, F. (2021). Empresas se comprometen a minería de criptomonedas con energía renovable. Energía Hoy. <https://energiahoy.com/2021/05/17/empresas-se-comprometen-a-mineria-de-criptomonedas-con-energia-renovable/>
- Hunt, T. (2018). Solar-Powered Bitcoin Mining Could Be a Very Profitable Business Model. Wood Mackenzie. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-powered-bitcoin-mining-could-be-a-very-profitable-business-model>
- La Nación. (s. f.). Bitcoin, Ethereum, Litecoin y ahora Solarcoin, la criptomoneda que se mina con energía solar. Nace la primer criptomoneda basada en energías renovables y en la Argentina ya tiene adeptos. Recuperado 5 de septiembre de 2021, de https://noticias-librodar.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=937:bitcoin-ethereum-litecoin-y-ahora-solarcoin-la-criptomoneda-que-se-mina-con-energia-solar&catid=36:informacion-util-en-medio-ambiente&Itemid=56
- Sibaja, G. (2013). La observación. En A, Abarca,. F, Alpizar,. C, Rojas & G, Sibaja (Eds.), Técnicas cualitativas de investigación (pp. 73-96). Editorial Universidad de Costa Rica.
- WHAT IS THE CRYPTO CLIMATE ACCORD? (2021). Crypto Climate Accord. <https://cryptoclimate.org/>