



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad educativa al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Identificación de los recursos energéticos renovables disponibles en la
ciudad de Cuenca a partir de los resultados de un modelo Urbano de
Metabolismo Circular.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: IDROVO VERDUGO GEOVANNY FERNANDO

DIRECTOR: ING. ARIAS REYES PABLO DANILO Mgs.

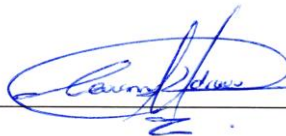
MATRIZ CUENCA

2019

DECLARACIÓN

Yo, Idrovo Verdugo Geovanny Fernando, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



Idrovo Verdugo Geovanny Fernando

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Idrovo Verdugo Geovanny Fernando, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'P' and 'A' followed by 'R' and 'M', likely representing Pablo Arias Reyes Mgs.

Ing. Pablo Arias Reyes Mgs.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Principalmente mi gratitud va dirigida a Dios, quien es mi fortaleza en todos los momentos de mi vida, gracias a él he llegado a cumplir esta meta, toda la gloria sea para ti Padre Santo, ayúdame a seguir tu ejemplo y que nunca me falten tus bendiciones.

A mi madre y hermana, por confiar en mí y apoyarme con sus consejos, los cuales me motivaban a cumplir mis objetivos.

A mis familiares, quienes han sido testigos de toda mi vida universitaria, gracias por permitirme contar con su apoyo en todas mis adversidades y alegrías, y enseñarme a ver a los problemas con otra perspectiva.

A mi Padre, el cual siempre me brindó su apoyo y estuvo constantemente preocupado por mí.

A mis Abuelitos, quienes han aportado con sus valores y ejemplo para lograr formar a la persona que soy.

A todos los docentes de la Universidad Católica de Cuenca que han contribuido en mi formación académica, por haber compartido sus conocimientos y experiencias.

De manera especial agradezco a mi Director de Tesis, el Ing. Pablo Danilo Arias Reyes por haber compartido su experiencia y conocimientos para la realización del presente trabajo, gracias por su tiempo y dedicación depositado en el mismo.

DEDICATORIA

La presente investigación representa una gran satisfacción para mí, debido que ha representado un gran esfuerzo, tiempo y al concluir con esta investigación estoy terminando una etapa de mi vida la cual me propuse culminar con todo mi entusiasmo. Con mucho cariño quiero dedicar esta investigación a mi familia: a mis padres Pablo Idrovo y Mercy Verdugo por el apoyo brindado especialmente a mi Madre que ha sido desde siempre un pilar fundamental en mi vida para ser la persona que soy hoy, enseñándome el valor de la responsabilidad y perseverancia.

También de manera especial a mi hermana Jessenia por su apoyo incondicional y a cada uno de mis familiares que de una u otra manera han estado presentes y brindándome palabras de ánimo y consejos para mi futuro, gracias a todos por su ejemplo de dedicación y responsabilidad.

Geovanny Idrovo Verdugo.

1.2.3.3 Datos Demográficos	- 31 -
1.2.3.4 Sector Residencial	- 32 -
1.2.3.5 Sector Comercial.....	- 32 -
1.2.3.6 Sector Industrial y Alumbrado público	- 33 -
1.2.3.7 Expansión de la Generación.....	- 33 -
1.2.3.8 Expansión de la Transmisión.....	- 34 -
1.2.3.9 Expansión y Mejora de la Distribución	- 34 -
1.2.3.10 Desarrollo sustentable del sector eléctrico.....	- 35 -
1.2.4. Planificación Eléctrica (EERCS).....	- 35 -
1.2.4.1 Delimitación Geográfica.....	- 35 -
1.2.4.2 Energía Renovable, Ahorro de Energía y Eficiencia Energética	- 38 -
1.3. Problemática.....	- 39 -
1.4. Análisis del tipo de Energías Renovables disponibles en la ciudad de Cuenca	- 41 -
1.4.1. Selección de Alternativas	- 42 -
1.4.2. Selección de Criterios.....	- 42 -
1.5. Factibilidad de Nuevos Proyectos de Desarrollo Energético Renovable en la ciudad de Cuenca	- 46 -
1.5.1. Energía Solar	- 46 -
1.5.2. Energía Solar en el Ecuador	- 46 -
1.5.3. Energía Eólica	- 48 -
1.5.4. Energía Eólica en el Ecuador.....	- 48 -
1.5.5. Biomasa	- 50 -
1.5.6. Energía de Biomasa en el Ecuador	- 50 -
1.5.7. Energía Hidroeléctrica	- 52 -
1.5.8. Energía Hidroeléctrica en el Ecuador	- 53 -

1.5.9. Descripción, Características técnicas y Ubicación de los posibles Proyectos a desarrollarse.....	- 54 -
CAPÍTULO II	- 58 -
METABOLISMO URBANO CIRCULAR	- 58 -
2.1. Crecimiento Urbano	- 58 -
2.1.1. Crecimiento Urbano en Ecuador	- 60 -
2.1.2. Crecimiento Urbano en Cuenca.....	- 61 -
2.2. Impacto Ambiental Urbano en la Ciudad	- 63 -
2.3. Sustentabilidad y Sostenibilidad Urbana	- 67 -
2.4. El Metabolismo Urbano Circular (MUC).....	- 69 -
2.4.1. Metabolismo Social	- 70 -
2.4.2. El Modelo de Metabolismo Urbano Circular se acelera	- 70 -
2.5. Formas y Procedimientos para determinar el MUC.....	- 72 -
2.5.1. Indicadores de Metabolismo Urbano Circular.....	- 73 -
2.5.2. Análisis de Flujo de Materiales y Flujo de Energía.....	- 76 -
2.6. Utilidad del Metabolismo Urbano Circular.....	- 77 -
2.7. Restricciones del Metabolismo Urbano Circular	- 79 -
CAPÍTULO III	- 81 -
ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS Y RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES ..	- 81 -
3.1. Importancia de la Energía Eléctrica.....	- 81 -
3.1.1. Generación de Energía a partir de Fuentes Renovables	- 82 -
3.2. Fuentes de Energías Renovables	- 83 -
3.2.1. Energía No Renovable	- 84 -
3.2.2. Energía Renovable.....	- 85 -

3.3. Las Energías Renovables y la Ciudad.....	- 87 -
3.3.1. Cuenca como ciudad intermedia y sostenible	- 88 -
3.3.2. Industria, Innovación, Infraestructura y la Ciudad	- 89 -
3.4. Incentivos al desarrollo de las Energías Renovables	- 90 -
3.4.1. Reglamentos que incentivan las Energías Renovables	- 91 -
3.4.2. Políticas de Estado para la adaptación, mitigación al cambio climático, Decreto Ejecutivo N° 1815 y Código de la Producción, Comercio e Inversiones.....	- 92 -
3.4.3. Regulaciones para incentivar la Energías Renovables en el Ecuador ..	- 92 -
3.5. Tecnologías de Energías Renovables.....	- 95 -
3.6. Análisis de Proyectos de Energía Renovable en la Ciudad de Cuenca	- 98 -
CAPÍTULO IV	- 100 -
INFORMACIÓN EXISTENTE.....	- 100 -
4.1. La Sostenibilidad y Sustentabilidad en la Ciudad.....	- 100 -
4.2. Características de un Proyecto de Generación eléctrica	- 101 -
4.2.1 Generación con Energía Eólica.....	- 101 -
4.2.2 Generación con Energía Solar	- 102 -
4.2.3 Generación con Biomasa	- 102 -
4.2.4 Generación con Energía Hidroeléctrica	- 103 -
4.3. Situación Energética de la Ciudad de Cuenca y el Ecuador	- 105 -
4.3.1 Uso de la diferentes Tecnologías Renovables en Ecuador.....	- 106 -
4.4. Aplicación de Métodos Multicriterio para la selección de Energías Renovables.....	- 107 -
CAPÍTULO V	- 110 -

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 110 -
5.1. Presentación de los Datos Obtenidos	- 110 -
5.1.1 Datos geográficos y Demográficos del cantón Santa Isabel: Proyecto San Francisco II.....	- 110 -
5.1.2 Datos geográficos y Demográficos del cantón Girón: Proyecto Río Burro y Rircay ..	- 112 -
5.2. Levantamiento de la Información conseguida en Recolección conjunta de Datos Técnicos para la proyección de los diseños.....	- 116 -
5.2.1 Estudio de pre factibilidad para la construcción de una pequeña central hidroeléctrica	- 116 -
5.2.2 Componentes principales de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	- 116 -
5.2.3 Proyección de las diferentes obras y estructuras para la construcción de una pequeña central hidroeléctrica en los diferentes cantones.	- 119 -
5.2.3.1 Obra de captación.	- 119 -
5.2.3.2 Predimensionamiento de la toma de agua	- 120 -
5.2.3.3 Predimensionamiento del canal colector	- 121 -
5.2.3.4 Obra de conducción	- 122 -
5.2.3.5 Predimensionamiento de la conducción	- 122 -
5.2.3.6 Predimensionamiento del tanque de carga	- 123 -
5.2.3.7 Tubería de presión y verificación de diámetro	- 124 -
5.2.3.8 Calculo de pérdidas	- 124 -
5.2.4 Aproximación del equipo mecánico de una pequeña central hidroeléctrica	- 124 -
5.2.5 Aproximación del equipo eléctrico de una pequeña central hidroeléctrica	- 126 -
5.3. Desarrollo de Fichas Técnicas, Análisis y Comparación de la Información	- 127 -

5.3.1 Fichas técnicas de resumen, características y datos técnicos de los proyectos planteados	- 127 -
5.3.2 Estudio de la selección de los presentes proyectos mediante criterios de selección, pesos y puntuaciones	- 133 -
5.3.3 Comparación de la información entre los diferentes proyectos expuestos	- 137 -
5.4. Representación Gráfica de los Sitios y Recursos Energéticos Renovables Disponibles.....	- 139 -
5.4.1 Estado de las vías de acceso y descripción general del terreno donde se encuentran ubicados los proyectos	- 139 -
5.4.2 Descripción grafica de las sitios donde se encuentran ubicados los Proyectos hidroeléctricos	- 149 -
CONCLUSIONES.....	- 155 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 157 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología ICES	- 25 -
Figura 2. Proyección de la demanda anual de Potencia – Caso Matriz productiva .	- 27 -
Figura 3. Proyección de la demanda anual de Energía – Caso Matriz productiva...	- 28 -
Figura 4. Potencia nominal y efectiva	- 28 -
Figura 5. Producción de Energía por Sistema.....	- 29 -
Figura 6. Obras del Plan de expansión de la transmisión	- 29 -
Figura 7. Cobertura de servicio Eléctrico	- 30 -
Figura 8. Metas de pérdidas de Energía.....	- 30 -
Figura 9. Evolución, Proyección de la población 1990 – 2030.....	- 31 -
Figura 10. Usuario por grupo de consumo 2007 – 2016.....	- 31 -
Figura 11. Proyección del consumo del sector residencial	- 32 -
Figura 12. Proyección del consumo del sector comercial	- 32 -
Figura 13. Consumo de energía y Cobertura del servicio eléctrico 2017	- 35 -
Figura 14. Clientes urbanos del cantón Cuenca, CENTROSUR	- 36 -
Figura 15. Curva de Carga residencial del cantón Cuenca.....	- 37 -
Figura 16. Relación entre las curvas de carga	- 38 -
Figura 17. Porcentajes de Demanda total de energía.....	- 40 -
Figura 18. Criterios para la selección de la ER en la ciudad de Cuenca-Ecuador...-	41 -
Figura 19. Alternativas a emplearse en la selección de la ER en la ciudad de Cuenca-Ecuador.....	- 42 -
Figura 20: Porcentajes de priorización de Criterios y Subcriterios	- 45 -
Figura 21. Insolación Global promedio	- 47 -
Figura 22. Mapa de Ubicación del Proyecto Hidroeléctrico Rircay	- 55 -
Figura 23. Mapa de Ubicación del Proyecto Hidroeléctrico Río Burro.....	- 56 -
Figura 24. Mapa de Ubicación del Proyecto Hidroeléctrico San Francisco II.....	- 57 -
Figura 25. Población mundial rural y urbana 1950-2050.....	- 59 -
Figura 26. Planificación Integral.....	- 60 -
Figura 27. Crecimiento Demográfico del Ecuador.....	- 60 -
Figura 28. Crecimiento Demográfico del Cantón Cuenca	- 62 -
Figura 29. Rangos de contaminantes ICA (Índice de contaminantes del aire).....	- 66 -
Figura 30. Matriz de resultados del indicador ambiental urbano para Cuenca	- 66 -
Figura 31. Esquema que describe el metabolismo urbano lineal y circular	- 69 -

Figura 32. Esquema del metabolismo urbano, con distintas entradas y salidas.	- 71 -
Figura 33. Flujos de entrada y Salida en el sistema Urbano.....	- 77 -
Figura 34. Esquema del metabolismo lineal y el metabolismo Circular aplicados ...	- 78 -
Figura 35. Producción nacional de energía por tipo de tecnología de generación....	- 82 -
Figura 36. Objetivos de Desarrollo Sostenible	- 84 -
Figura 37. Reservas de las Fuentes de Energía Fósiles.....	- 85 -
Figura 38: Infraestructura y cobertura del sector Eléctrico Ecuatoriano 2007-2017.-	- 87 -
Figura 39. Porcentajes de Fuente de energía aptas para la ciudad de Cuenca. ...	- 109 -
Figura 40. Ubicación del cantón Santa Isabel	- 111 -
Figura 41. Indicadores económicos y actividad poblacional del cantón Santa Isabel.....	- 112 -
Figura 42. Ubicación del cantón Girón.....	- 112 -
Figura 43. Cuencas y Microcuencas del cantón Girón.....	- 113 -
Figura 44. Uso del suelo del catón Girón.....	- 114 -
Figura 45. Energía eléctrica por tipo de vivienda en el catón Girón	- 115 -
Figura 46. Elementos que componen una Pequeña Central Hidroeléctrica	- 118 -
Figura 47. Esquema general de la bocatoma.....	- 120 -
Figura 48. Dimensiones del canal colector.	- 121 -
Figura 49. Corte y perspectiva de la conducción.....	- 122 -
Figura 50. Tanque de carga	- 123 -
Figura 51. Velocidad específica y caída neta como criterios de selección.....	- 125 -
Figura 52. Diagrama para la selección de turbinas	- 126 -
Figura 53. Proyectos Hidroeléctricos seleccionados	- 134 -
Figura 54. Proyectos Hidroeléctricos seleccionados para estudio de factibilidad ..-	- 134 -
Figura 55. Estudio y distribución de pesos de acuerdo a los criterios	- 136 -
Figura 56. Puntuación y Factibilidad de los Proyectos.....	- 136 -
Figura 57. Vía de acceso del Proyecto Rircay hasta la casa de máquinas	- 139 -
Figura 58. Vía de acceso del Proyecto Rircay hasta la Presa o Captación.....	- 140 -
Figura 59. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Turi al proyecto Rircay	- 141 -
Figura 60. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Lentag - Rircay.....	- 142 -
Figura 61. Vía de acceso del Proyecto Hidroeléctrico Río Burro hasta la Casa de Maquinas	- 143 -
Figura 62. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Turi al proyecto Rio Burro	- 144 -

Figura 63. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Lentag al proyecto Río Burro.....	- 145 -
Figura 64. Mapa global de los Proyectos de Rircay y Río Burro del cantón Girón.-	146 -
Figura 65. Vía de acceso del Proyecto San Francisco II hasta la Casa de Maquinas	147 -
Figura 66. Distancia por carretera y lineal entre la subestación de Turi y el proyecto San Francisco II.....	- 148 -
Figura 67. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Lentag al proyecto Río Burro.....	- 149 -
Figura 68. Visualización panorámica de las estructuras principales del Proyecto Rircay.	- 150 -
Figura 69. Distancia en Km de las obras de construcción del proyecto Rircay.....	- 150 -
Figura 70. Visualización panorámica, señalización de las estructuras principales del Proyecto Río Burro	- 151 -
Figura 71. Distancia en Km de las obras de construcción del proyecto hidroeléctrico Río Burro.	- 152 -
Figura 72. Visualización panorámica de las obras estructurales del Proyecto San Francisco II	- 153 -
Figura 73. Distancia en Km de la construcción del proyecto San Francisco II.....	- 153 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los criterios seleccionados.....	- 43 -
Tabla 2. Insolación por mes para la ciudad de Cuenca	- 47 -
Tabla 3. Potencial Eólico – Potencial Bruto	- 49 -
Tabla 4. Potencial Eólico – Potencial factible a corto plazo	- 49 -
Tabla 5. Estimación de datos eólicos para la provincia del Azuay	- 50 -
Tabla 6. Cantidad de Residuos y energía bruta T/año para la provincia del Azuay .-	51 -
Tabla 7. Cantidad de Residuos Agropecuarios y Pecuarios para la provincia del Azuay-	52 -
Tabla 8. Criterios y pesos de selección para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica	- 53 -
Tabla 9. Descripción y Características técnicas del Proyecto Hidroeléctrico Rircay -	55 -
Tabla 10. Descripción y Características técnicas del Proyecto Hidroeléctrico Río Burro -	56 -
Tabla 11. Descripción y Características técnicas del Proyecto Hidroeléctrico San Francisco II	- 57 -
Tabla 12. Ventajas y Desventajas del Crecimiento Urbano	- 63 -
Tabla 13. Matriz de referencia para la asignación de la calidad ambiental urbana en Cuenca.....	- 65 -
Tabla 14. Principales Indicadores en verde de la ciudad de Cuenca	- 68 -
Tabla 15. Principales métodos para medir el Metabolismo urbano	- 73 -
Tabla 16. Indicadores de Residuos sólidos	- 74 -
Tabla 17. Indicadores del ciclo del agua.....	- 74 -
Tabla 18. Indicadores del ciclo Energético.	- 75 -
Tabla 19. Indicadores del ciclo del aire.....	- 75 -
Tabla 20. Propuestas planteadas de Innovación en la ciudad.....	- 90 -
Tabla 21. Precios preferentes de Energía Renovables en (USD/KWh).....	- 95 -
Tabla 22. Precios preferentes de Centrales hidroeléctricas hasta 50 MW en (USD/KWh)	- 95 -
Tabla 23. Alternativas y tecnologías seleccionadas	- 96 -
Tabla 24. Comparación de los tipos de Energía entre estudios Relacionados	- 108 -
Tabla 25. Actividades Económico Productivas del cantón Girón.	- 114 -
Tabla 26. Cobertura de energía eléctrica del cantón Girón	- 115 -

Tabla 27. Ficha técnica de Resumen, Proyecto Hidroeléctrico Rircay	- 128 -
Tabla 28. Ficha técnica de Resumen, Proyecto Hidroeléctrico Río Burro	- 130 -
Tabla 29. Ficha técnica de Resumen, Proyecto Hidroeléctrico San Francisco II ...	- 132 -
Tabla 30. Análisis de los principales criterios para la selección de los Proyectos .	- 135 -
Tabla 31. Cuadro Comparativo de los Proyecto Hidroeléctricos seleccionados	- 137 -
Tabla 32. Diagrama estructural de funcionamiento de una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH).....	- 154 -

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el análisis de la planificación territorial y eléctrica de la ciudad de Cuenca, el crecimiento urbano, el impacto ambiental que representa el generar electricidad mediante fuentes de energía no renovables y el fomento a la utilización de modelos de Metabolismo Circular para incentivar la expansión de la generación local con un estudio de las tecnologías y recursos energéticos renovables disponibles en la ciudad y sus cercanías. Mediante el análisis de investigaciones con métodos multicriterio; se definió la selección del tipo de energía renovable más adecuada, los criterios de selección que se plantearon para su posible pre factibilidad de ejecución dieron como resultado que el recurso hídrico y las centrales hidroeléctricas son la fuente de energía renovable más apta en la ciudad.

Se efectuó la selección y el estudio de pre factibilidad para 3 proyectos hidroeléctricos de pequeña y mediana capacidad en los que se analizó las obras de construcción, vías de acceso, disponibilidad de terreno, disponibilidad de recursos, equipamiento y líneas de transmisión; realizando fichas técnicas y estudios preliminares, el análisis encerró criterios y pesos de selección para obtener puntajes altos de aprobación, tomando en cuenta también que el Estado promueve la ejecución de estos proyectos con la implementación de tarifas preferenciales.

PALABRAS CLAVE: METABOLISMO URBANO CIRCULAR, ENERGÍAS RENOVABLES, RECURSOS ENERGÉTICOS, SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA, CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

ABSTRACT

The present research carried out analysis of the territorial and electrical planning of Cuenca, the urban growth, the environmental impact of generating electricity through non-renewable energy sources and the promotion of Circular Metabolism models used to encourage the local generation expansion with a study of renewable energy technologies and resources available in the city and its surroundings. Through the analysis of investigations with multicriteria methods; the selection of the most suitable renewable energy type was defined, the selection criteria that were raised to its possible pre-feasibility execution, resulted in the hydro resource and the hydroelectric plants are the most suitable source of renewable energy in the city

The selection and a pre-feasibility study was carried out for 3 hydroelectric projects with small and medium capacity where the construction site, access roads, land and resources availability, equipment and transmission lines were analyzed; by making technical sheets and preliminary studies, the analysis included criteria and selection weights to obtain high approval scores, also taking into account that the State promotes the execution of these projects with the implementation of preferential rates.

KEYWORDS: CIRCULAR URBAN METABOLISM, RENEWABLE ENERGIES, ENERGY RESOURCES, ENERGY SUSTAINABILITY, HYDROELECTRIC POWER PLANTS.

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento de la utilización de más recursos energéticos para satisfacer las necesidades básicas de la población mundial; en el desarrollo de esta investigación se tomará en cuenta los diferentes criterios de artículos y tesis referenciadas a la búsqueda de recursos energéticos a partir de energías alternativas; ya que en cada uno de los trabajos seleccionados se habla de los parámetros necesarios al momento de la preferencia del recurso renovable más aplicable en una cierta zona o territorio de la ciudad de Cuenca. Lo que se busca es elegir el recurso energético más factible, mediante un estudio y recopilación metodológica de datos, permitiendo elegir la zona o sitio más probable para cada tipo de energía donde poder desarrollarla más satisfactoriamente. Se generarán índices de pesos para la selección de las fuentes de energía, en la bibliografía analizada existen criterios que se basan en métodos multicriterio AHP (Proceso Analítico Jerárquico), los mismos que permiten elegir las alternativas más adecuadas a partir de la valoración de múltiples criterios en sectores complejos como es el caso del sector energético, además de cumplir con los parámetros a partir de un modelo urbano de metabolismo circular.

A partir del Inventario de Recursos Energéticos de 2009-2015 se realizará la selección de proyectos y obtención de datos para la elaboración de fichas técnicas, con diferentes parámetros y pesos que llevan a la selección de los mejores proyectos a desarrollarse, obteniendo datos más relevantes y específicos; se analizan también los atlas eólicos, solares y bioenergético, con el objetivo de identificar los recursos y tipo de energías disponibles que cumplan un modelo de metabolismo circular, para la provincia del Azuay, para el cantón Cuenca y sus alrededores. Tras la recopilación de información y selección de proyectos que cumplan con los parámetros necesarios para esta investigación, se podrá determinar la energía renovable más atractiva para la ciudad; pudiendo ser: la energía obtenida por medio de las pequeñas hidroeléctricas, así también la energía fotovoltaica, la energía obtenida por medio de los desechos sólidos urbanos como el Biogás o la energía eólica, dichas energías permiten equilibrar los criterios desde un enfoque de auto sustentabilidad y eficiencia energética destinada a la zona urbana de la ciudad de Cuenca (Abad, 2017).

También se adjuntará a la investigación las representaciones graficas de la ubicación geográfica y tipos de recursos energéticos renovables disponibles para una mejor localización y visualización de dichos recursos en los proyectos a plantearse.

CAPITULO I

INFORMACIÓN BASE

1. Antecedentes y fundamentación teórica

Las ciudades mantienen un creciente desarrollo, lo que hace que requieran cada vez de más fuentes de energía y recursos, entre ellos: materiales, agua, nutrientes y otros recursos necesarios para su auto sustentabilidad, por lo que la producción de residuos es muy elevada, provocando que en el futuro haya una inadecuada provisión de recursos, con escases lo que generará un déficit en la economía en la población, además de presentar problemas ambientales riesgosos.

Una manera de manejar los flujos de energía y materiales a ser optimizados es realizar un estudio de “Metabolismo Urbano” ya que se trata de pasar de un modelo de metabolismo lineal con el cual se manejan las ciudades actualmente y aplicar un modelo de metabolismo circular donde se busca la reutilización de los recursos y transformarlos en energía con el propósito de buscar una auto sustentabilidad energética de la ciudad.

Para el análisis de un ecosistema urbano (en el caso de Cuenca) es necesario los datos de la población actual, así como los requerimientos para su desarrollo: agua potable, energía eléctrica, recolección de basura y aguas servidas, consumo de combustibles, consumo de alimentos, materiales de construcción y emisiones, etc.

Cubrir la demanda que genera una población que está en continuo desarrollo, así como identificar las mejores alternativas de energía renovable aplicables en la ciudad de Cuenca involucrando aspectos económicos, sociales, ambientales y técnicos, por medio de metodologías multicriterio que permiten elegir alternativas adecuadas en sectores complejos como es el caso del sector energético, será el análisis que se llevará a cabo mediante la recopilación y análisis de la bibliografía especializada y la obtención de información para identificar los sitios para los posibles desarrollos energéticos.

En este capítulo se plantea cual es la información necesaria y requerida para establecer un escenario de crecimiento territorial y energético, y poder así determinar y validar la metodología del Metabolismo Urbano Circular y sustentar el objetivo de esa investigación con la identificación de los proyectos renovables que podrían ponerse en marcha.

1.1. Ubicación del sitio de análisis

En el Ecuador en la región sierra se encuentra ubicada la provincia del Azuay que tiene como capital a la ciudad de Cuenca localizada a 2530 msnm, con coordenadas geográficas de 2°52" – 2°54" latitud Sur y 78°59" – 79°01" longitud oeste, su temperatura varía entre 10.1° a 21.6°C con un valor promedio de humedad relativa entre 40 y 85 %, el brillo del sol tiene un porcentaje que va del 33% al 45%, con una nubosidad promedio mensual entre 6 y 7 octavas, siendo una gran cantidad de nubes, la radiación solar es de alrededor de 4.35 KWh/m²/día, y con una dirección predominante de vientos es noreste con una velocidad promedio de 9,29 km/h (Abad, 2017).

Cuenca es la tercera ciudad más poblada del país con 614,539 habitantes según el último Censo Nacional del INEC-2010, la ciudad tiene una tasa de crecimiento anual promedio de 2.12%, la población de la ciudad de Cuenca está ubicada un 65% en la zona urbana y el 35% en la zona rural, siendo las parroquias rurales menos pobladas Chaucha, Checa y Victoria del Portete y las más pobladas El Valle, Baños y Ricaurte (Abad, 2017).

La densidad poblacional del Cantón Cuenca es de 163 Hab/km², pero en la zona urbana es de 4567 Hab/km², El Valle, Sidcay, Ricaurte, Turi y Sinincay tienen una alta densidad poblacional debido al crecimiento urbano, a comparación de las otras parroquias rurales que tienen una población dispersa debido a la poca accesibilidad de bienes, servicio básicos y públicos. A comparación de otras ciudades de América latina Cuenca tiene una densidad poblacional baja debido a que no existe normativas que controlen el uso del suelo urbano (Abad, 2017).

La representación de la población activa de la ciudad está entre las edades de 10 a 30 años indicando que la población de la ciudad es en su mayoría joven, siendo la zona urbana el centro económico del cantón ya que en las zonas rurales cuenta con una población económicamente activa (PEA) baja debido a que se realizan actividades no remuneradas generalmente agrícolas.

1.2. Planificación Territorial y Energética

1.2.1. Plan de Ordenamiento Territorial (GAD)

Un plan de territorio en el contexto geográfico, es resultado de acciones naturales y antrópicas efectuadas sobre un espacio físico, en la que intervienen acciones humanas y políticas con lo cual se piensa en el desarrollo de un territorio en el sentido

de proyectar acciones planificadas sobre un espacio geográfico, introduciendo otras áreas de conocimiento como la demografía, ecología, geología, hidrología; donde el objetivo principal de un ordenamiento territorial es el zonificar y sectorizar el espacio geográfico, permitiendo distinguir bosques, áreas naturales protegidas, sectores destinados a la agricultura y ganadería, y su localización de centros poblados, dando paso a una adecuada organización política administrativa de un espacio geográfico con proyección de desarrollo social, económico y cultural en beneficio de la población para mejorar la calidad de vida de sus habitantes aprovechando los recursos disponibles en el entorno estando en armonía con el ambiente y promoviendo con el tiempo un desarrollo sostenible (Delgado, 2010).

El Plan de ordenamiento territorial (POT) del cantón Cuenca tiene un horizonte temporal hasta el año 2030; que abarca todo el territorio cantonal e integra el sector rural con el urbano, e involucra cinco ejes del PEC (Plan Estratégico de Cuenca) agrupados en tres pares: 1) el político y cultural, 2) el económico y social y 3) el territorial y ambiental. El Plan de ordenamiento territorial (POT) del cantón Cuenca se ha desarrollado en tres etapas: 1) diagnóstico sectorial, 2) diagnóstico integrado y 3) planificación territorial (Delgado, 2010).

1.2.1.1 Diagnóstico Sectorial

El objetivo del diagnóstico sectorial es el conocer la situación actual del sistema territorial del cantón Cuenca y se desarrolla sobre cuatro sistemas: medios físicos, población y actividades económicas, asentamientos e infraestructura y marco legal e institucional (PLANEE, 2013).

1.2.1.2 Diagnóstico Integrado

El diagnóstico integrado está conformado y se ha desarrollado mediante tres elementos principales a tomar en cuenta: 1) el plano del modelo territorial actual, que se basa en las unidades territoriales ambientales, el sistema de asentamientos poblacionales con sus jerarquías, las redes de comunicación entre ellos, 2) problemática a cualquier impedimento y 3) el debido diagnóstico de sus potencialidades (GAD, Plan de Acción, 2013).

1.2.1.3 Planificación Territorial

Esta etapa se está desarrollando con la prospectiva el sistema territorial a través de la adecuación de tres escenarios territoriales los cuales son: un escenario territorial

tendencial, un escenario territorial óptimo y un escenario territorial consensuado; siendo este último el modelo objetivo a 2030, conformado por el uso primario del suelo, el sistema de asentamientos poblacionales y las infraestructuras de transporte (GAD, Plan de Acción, 2013).

Para llegar al modelo territorial de 2030 se está trabajando en medidas de regulación y control, de intervención y de gestión; y se hacen operativas a través de los siguientes instrumentos:

1. Las medidas de regulación, mediante una normativa general y otra particular asociada a una zonificación en categorías de ordenación en íntima relación con la imagen o modelo territorial a alcanzar.

2. Las medidas de intervención o acción positiva, mediante programas, subprogramas y proyectos concretos localizados en ciertos lugares.

3. Las medidas de gestión, a través de un diseño de un ente gestor y un sistema de gestión territorial (GAD, Plan de Acción, 2013).

Toda esta planificación de modelo territorial con el fin de cumplir con un programa de objetivos para cada sistema que permitan mejorar el nivel de ingresos económicos, mejorar la calidad de vida y garantizar la calidad ambiental.

1.2.2. Plan de Desarrollo (Prefectura)

1.2.2.1 Diagnóstico Sectorial de la ciudad de Cuenca

En el Plan de desarrollo de la ciudad de Cuenca influyen principalmente la calidad y cobertura de los servicios y la eficiencia en la provisión de los mismos. El agua suministrada cumple con normas de calidad en el 97,8%, el porcentaje de hogares con acceso a servicio de saneamiento es de 84,5%, y la recolección de residuos sólidos es del 98,6% los cuales son dispuestos en el relleno sanitario de Pichacay de donde estos residuos sólidos el 86,7% se usan como recurso energético y generan 2MWh de energía eléctrica. El 99,6% de la población urbana de Cuenca tiene acceso a fuentes de energía eléctrica en su vivienda la misma que está conectada a la Red de la empresa eléctrica CENTROSUR (PREFECTURA, POT, 2013).

Cuenca es una de las pocas ciudades con ICES (Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles) que cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire, actualmente con 19 estaciones pasivas y una automática, ubicados en diferentes sitios de la ciudad para monitorear gases principales como: NO₂, O₃, SO₂ y benceno. En cuanto al cambio climático las emisiones GEI (Gases de Efecto Invernadero) son de 2,2 toneladas anuales de CO₂ y ubica a Cuenca en un nivel verde al ser menor a 5 toneladas anuales (PLANEE, 2013).

En cuanto a la sostenibilidad urbana muestra que uno de los retos más importantes que Cuenca debe enfrentar está relacionado con los usos del suelo y principalmente asociado al crecimiento urbano de baja densidad, Cuenca tiene una densidad poblacional de 51,11 Hab/Ha, donde en las últimas 2 décadas el área urbana se ha expandido de manera ineficiente generando una huella urbana poco compacta donde este modelo de crecimiento resulta insostenible en el tiempo tomando en cuenta el crecimiento poblacional esperado en la ciudad y la falta de espacio apto para urbanizar(PREFECTURA, POT, 2013).

1.2.2.2 Estudio de crecimiento de la Huella Urbana

La huella urbana en Cuenca no es fácil de delimitar ya que el crecimiento urbano se ha dado de una manera continua, dispersa y de baja densidad, eso ha formado una huella urbana extensa que incluye el espacio denominado periurbano que es la frontera entre el campo y la ciudad. Existen limitantes para el crecimiento de la ciudad ya sea por cuestiones ambientales o legales basados en el estudio de emisiones de gases de efecto invernadero o estudio de vulnerabilidades. En un escenario optimo donde existe el respeto de todos los limites tenemos que el 57% del ámbito de estudio es afectado por limitantes y por lo tanto es territorio que debería ser protegido del proceso de urbanización; en un escenario intermedio el 52% del ámbito de estudio es territorio que debería ser protegido de urbanización, el crecer de manera tendencial le implicaría a la ciudad \$3.401 millones de dólares al 2030 y \$6.865 millones al 2050 para proveer los servicios de infraestructura a los niveles actuales en el espacio que la ciudad ocuparía(GAD, Plan de Acción, 2013).

Realizando un proceso de densificación cualificada de la huella urbana es decir un crecimiento urbano inteligente, en la ciudad implicara costos a la provisión de servicios básicos de \$829 millones al 2030 y \$1.323 millones al 2050, valores más manejables que lo esperado en un escenario tendencial (PREFECTURA, POT, 2013).

Cuenca busca ser una ciudad sostenible que ofrezca una buena calidad de vida a sus habitantes, minimizando su impacto sobre el medio ambiente, el medio natural, preservando sus activos ambientales y físicos y, a través de ellos promover su competitividad, su crecimiento económico para llevar a cabo sus funciones urbanas con la participación activa de la ciudadanía.

1.2.2.3 La Metodología ICES (Iniciativa de ciudades emergentes y sostenibles)

Permite identificar cuáles son los sectores y temas que afectan a la ciudad, y cuáles son las acciones que contribuyen a mejorar la situación actual y garantizar la sostenibilidad de la ciudad en el futuro.

Esta metodología comprende 6 fases agrupadas en 2 etapas: la primera es el núcleo de la metodología que es una evaluación de la realidad urbana, con propuestas concretas para intervenir en las áreas identificadas como críticas; y la segunda etapa es la ejecución del Plan de desarrollo y la puesta en marcha del sistema de monitoreo ciudadano (GAD, Plan de Acción, 2013).

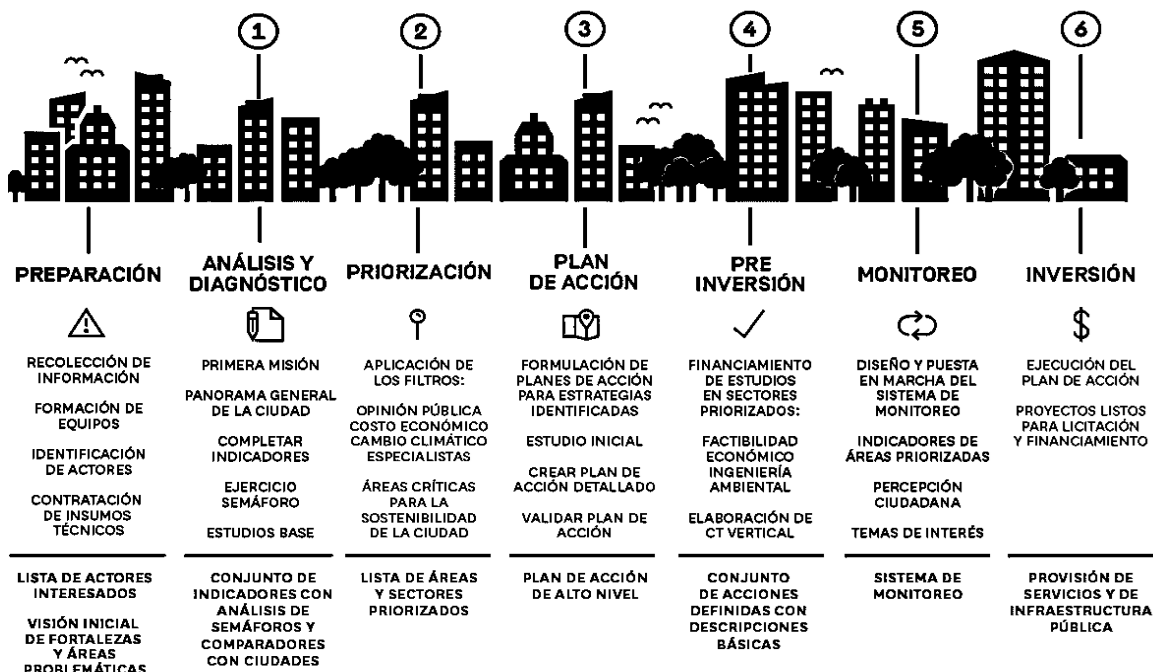


Figura 1. Metodología ICES

Fuente: (Plan de Acción Cuenca,2014)

1.2.3. Plan Maestro de Electricidad (ARCONEL)

El plan de electrificación del país busca garantizar la sostenibilidad del país así como para cada una de las regiones y ciudades del mismo para garantizar la sostenibilidad energética y el buen vivir, el Sumak Kawsay; la prevención y la eficiencia en la prestación de servicios, la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas ambientalmente limpias y sanas, así como el aprovechamiento responsable de las energías renovables; cumpliendo los principios de obligatoriedad, generalidad, universalidad, accesibilidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, garantizando el derecho de los consumidores o usuarios finales de recibir el servicio público de energía eléctrica acorde a los principios establecidos en la ley.

El plan de electrificación se presenta a través de siete capítulos redactados en términos simples si afectar la rigurosidad técnica los mismo que van a ser de gran aporte para esta investigación ya que abarca temas indispensables y será un instrumento de guía para la ejecución oportuna de proyectos de generación, transmisión, distribución, electrificación rural ya alumbrado público para los próximos diez años 2016 – 2025. Su objetivo es tener una producción y consumo ético de la energía hacia el 2030.

El Plan Maestro de Electricidad en el primer capítulo hace referencia a la situación actual del sector eléctrico y a su desarrollo.

El segundo capítulo habla de la demanda de potencia y energía eléctrica futura con sustento en análisis estadísticos, establecimiento de hipótesis o escenarios tendenciales, proyección de la demanda por categorías como: residencial, comercial, industrial, alumbrado público entre otros; y la incorporación cargas correspondientes a desarrollos industriales, efectos del plan de mejoramiento y eficiencia energética, efectos de la refinera del pacifico y de las industrias estratégicas (aluminio, cobre, astilleros y petroquímica), considerados por el gobierno nacional dentro del cambio de matriz productiva.

En los siguientes capítulos están dedicados a cada etapa funcional del sistema eléctrico: la generación, la transmisión, la distribución y el alumbrado público así también el análisis financiero - económico y apéndices dirigidos a: Integración energética regional, Desarrollo sustentable en el sector eléctrico y Gestión de riesgos del sector eléctrico (ARCONEL, PME, 2017).

1.2.3.1 Línea Base de planificación energética

Durante el 2017 el país demandó 28,050 GWh, de los cuales 23,686 GWh fueron para el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I), distribuidos de la siguiente manera: 19,867 GWh generación hidroeléctrica; 3,411 GWh generación termoeléctrica; 387,84 GWh generación no convencional y 18,52 GWh importación desde Colombia, con una demanda máxima de potencia de 3,746MW y con una demanda mínima de 3,450MW (CENACE, Infome Anual, 2017).

A continuación observamos una aproximación de la demanda anual de potencia considerando un caso de matriz productiva donde se incluirá todos los proyectos expuestos a desarrollarse en el país, considerados por el gobierno nacional dentro del cambio de matriz productiva, en donde hay un incremento de potencia del 7,74% (ARCONEL, PME, 2017).

PREVISIÓN DE LA DEMANDA ANUAL DE POTENCIA ELÉCTRICA EN BORNES DE GENERACIÓN DEL SNI - HIPÓTESIS No. 5							
AÑO	DEMANDA DE POTENCIA (MW)				TASAS DE CRECIMIENTO (%)		
	CRECIMIENTO			Histórico	CRECIMIENTO		
	Menor	Medio	Mayor		Menor	Medio	Mayor
2016	3.653	3.653	3.653	4,42%			
2017	3.948	3.988	4.022		8,1%	9,2%	10,1%
2018	4.211	4.295	4.364		6,7%	7,7%	8,5%
2019	4.481	4.610	4.718		6,4%	7,3%	8,1%
2020	4.691	4.867	5.017		4,7%	5,6%	6,3%
2021	4.895	5.120	5.316		4,3%	5,2%	6,0%
2022	5.115	5.396	5.642		4,5%	5,4%	6,1%
2023	5.724	6.064	6.363		11,9%	12,4%	12,8%
2024	6.252	6.653	7.010		9,2%	9,7%	10,2%
2025	6.684	7.144	7.560		6,9%	7,4%	7,9%
Crec. 2016-2025	6,95%	7,74%	8,42%				

Figura 2. Proyección de la demanda anual de Potencia – Caso Matriz productiva

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

A continuación, se observa una aproximación de la demanda anual de energía considerando un caso de matriz productiva donde hay un incremento de energía del 8,23%.

PREVISIÓN DE LA DEMANDA ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BORNES DE GENERACIÓN DEL SNI - HIPÓTESIS No. 5							
AÑO	DEMANDA DE ENERGÍA (GWh)				TASAS DE CRECIMIENTO (%)		
	CRECIMIENTO			Histórico	CRECIMIENTO		
	Menor	Medio	Mayor		Menor	Medio	Mayor
2016	23.518	23.518	23.518	5,68%			
2017	23.800	24.050	24.272		1,2%	2,3%	3,2%
2018	25.395	25.917	26.380		6,7%	7,8%	8,7%
2019	27.088	27.881	28.609		6,7%	7,6%	8,4%
2020	28.669	29.765	30.782		5,8%	6,8%	7,6%
2021	30.164	31.579	32.916		5,2%	6,1%	6,9%
2022	31.721	33.497	35.188		5,2%	6,1%	6,9%
2023	35.837	37.999	40.074		13,0%	13,4%	13,9%
2024	40.329	42.901	45.395		12,5%	12,9%	13,3%
2025	44.898	47.906	50.854		11,3%	11,7%	12,0%
Crec. 2016-2025	7,45%	8,23%	8,95%				

Figura 3. Proyección de la demanda anual de Energía – Caso Matriz productiva

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

El plan de expansión de generación determina los proyectos de generación para el S.N.I. y para Galápagos con el aprovechamiento de recursos energéticos locales, principalmente recursos energéticos renovables; en un ámbito de soberanía energética. A continuación, se observa la potencia nominal y efectiva del parque generador del Ecuador desagregado por tipo de sistema y por tipo de tecnología:

Sistema	Tipo de Central	Potencia Nominal		Potencia Efectiva	
		(MW)	%	(MW)	%
S.N.I	Hidráulica	4.440,70	53,98	4.412,78	58,02
	Eólica	16,50	0,20	16,50	0,22
	Térmica	2.449,62	29,78	2.148,19	28,24
	Biomasa	144,30	1,75	136,40	1,79
	Fotovoltaica	24,46	0,30	23,57	0,31
	Biogas	2,00	0,02	1,76	0,02
Total S.N.I		7.077,58	86,03	6.739,21	88,60
No Incorporado	Hidráulica	5,66	0,07	5,39	0,07
	Eólica	4,65	0,06	4,65	0,06
	Térmica	1.136,52	13,82	854,83	11,24
	Fotovoltaica	2,02	0,02	2,02	0,03
Total No Incorporado		1.148,84	13,97	866,89	11,40
Total		8.226,42	100,00	7.606,10	100,00

Figura 4. Potencia nominal y efectiva

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

A continuación, se observa la producción nacional de energía del Ecuador por tipo de sistema:

Sistema	Tipo de Empresa	Tipo de Central	Energía Bruta (GWh)
S.N.I	Generadora	Eólica	78,02
		Hidráulica	14.320,56
		Fotovoltaica	35,81
		Térmica	6.752,05
		Biogas	13,28
	Distribuidora	Hidráulica	525,59
		Térmica	337,24
Sistema	Tipo de Empresa	Tipo de Central	Energía Bruta (GWh)
	Autogeneradora	Biomasa	476,52
		Hidráulica	725,99
		Térmica	171,77
Total S.N.I			23.436,81
No Inc.	Generadora	Eólica	1,31
		Hidráulica	0,37
		Térmica	200,13
	Distribuidora	Eólica	4,63
		Hidráulica	12,80
		Fotovoltaica	2,94
		Térmica	13,98
	Autogeneradora	Hidráulica	4,39
		Térmica	3.395,26
Total No Inc.			3.635,81
Total			27.072,62

Figura 5. Producción de Energía por Sistema

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

La expansión del sistema de transmisión permitirá garantizar en el S.N.I. los niveles adecuados de confiabilidad, seguridad y calidad del servicio; en el caso de la matriz productiva; se considera la entrada de operación de instalaciones industriales lo que requerirá potencia adicional de 950MW, que según el Plan de expansión de Generación operará con 1200MW en el año 2023 e incrementará su potencia a 2400 MW en el año 2025 (ARCONEL, PME, 2017). El Plan de expansión de Transmisión 2016 – 2025 considera la ejecución de los siguientes proyectos adicionales:

Tipo de Obra	Cantidad
Líneas Transmisión 500 kV	1.462 km
Líneas Transmisión 230 kV	152 km
Transformadores 500/230 kV	3.000 MVA
Transformadores 230/138 kV	225 MVA
Transformadores 138/69 kV	100 MVA
Compensación	780 MVA
Número de Subestaciones	1

Figura 6. Obras del Plan de expansión de la transmisión

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

El plan de expansión y mejoras de la distribución se sustenta en estándares de la industria eléctrica y de comunicaciones lo que permite dotar servicios con calidad, eficiencia operativa y energética, cultura de la sustentabilidad y sostenibilidad social, económica y ambiental. La cobertura eléctrica en el Ecuador alcanzo el 97,24% y las pérdidas totales de energía eléctrica a nivel nacional fueron del 12,21% equivalente a 2.690,94 GWh; la meta para el año 2025 es del 97,81%; y una reducción de pérdidas a nivel nacional del 8,79% (ARCONEL, PME, 2017).

Año	Meta cobertura a nivel nacional (%)
2016	97,24
2017	97,40
2018	97,43
2019	97,47
2020	97,52
2021	97,56
2022	97,61
2023	97,67
2024	97,71
2025	97,81

Figura 7. Cobertura de servicio Eléctrico

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

Empresa	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CNEL EP	15,23%	13,20%	12,84%	12,41%	11,93%	11,46%	11,03%	10,69%	10,41%	10,24%
Nacional	12,21%	10,72%	10,49%	10,02%	9,90%	9,59%	9,31%	9,09%	8,91%	8,79%

Figura 8. Metas de pérdidas de Energía

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

1.2.3.2 Cambio de cultura para el uso eficiente de la energía

No solo se trata de producir energía; sino de consumirla inteligentemente, donde la introducción masiva de iluminación eficiente en los hogares y las vías públicas; la situación de refrigeradoras antiguas y de alto consumo (Programa RENOVA); la aplicación de normas técnicas y reglamento de etiquetado de artefactos; la implementación de sistemas de gestión en las industrias; y el programa de sustitución de GLP por electricidad con las cocinas de inducción (Cocción eficiente) benefician alrededor de 600 mil familias ecuatorianas, dando como resultado el eficiente uso de la energía y el cuidado de la naturaleza (ARCONEL, PME, 2017).

1.2.3.3 Datos Demográficos

Se incorporan variables demográficas (población, viviendas y viviendas con servicio eléctrico; esto permite definir la línea base de la proyección de usuarios residenciales en la demanda de energía eléctrica, obteniendo esta variación demográfica del censo realizado en el 2010 INEC; para proyectarnos una variación de la población para el periodo 2010 – 2030 donde se establece que la variabilidad intercensal promedio en los últimos periodos alcanza el 14,89% (ARCONEL, PME, 2017).

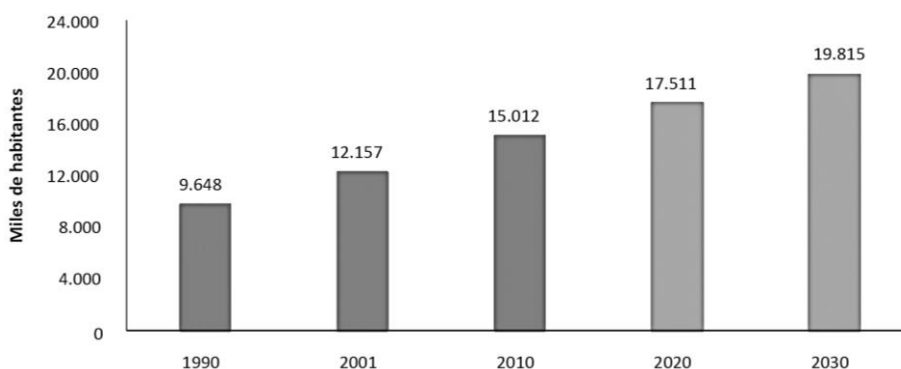


Figura 9. Evolución, Proyección de la población 1990 – 2030

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

Según la base de datos de (ARCONEL, PME, 2017) se cuenta con series históricas de la cantidad de usuarios y energía facturada a nivel nacional y desagregados a nivel de grupos de consumo (residencial, comercial, industrial, etc.) regulados y no regulados.

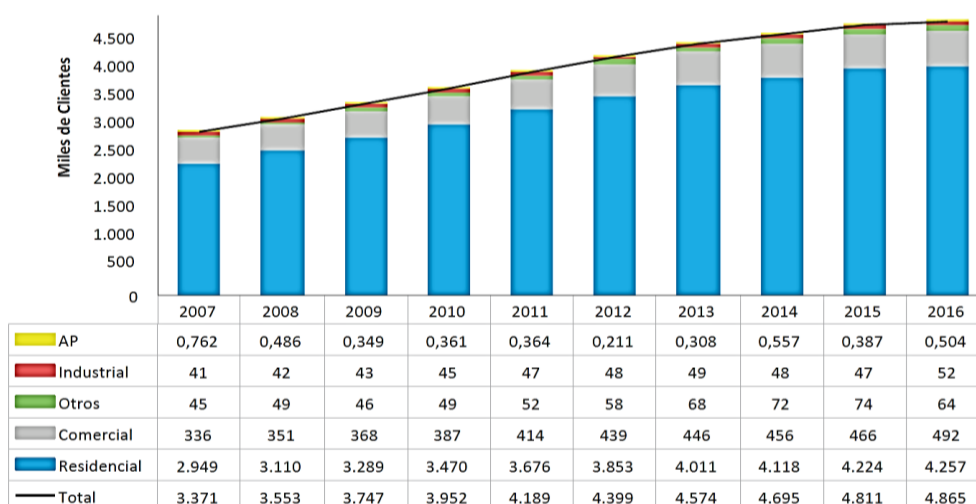


Figura 10. Usuario por grupo de consumo 2007 – 2016

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

1.2.3.4 Sector Residencial

La proyección de usuarios del sector residencial para un periodo 2016 – 2025 tiene un crecimiento promedio de 2,5%, mientras que la proyección de usuarios espera contar con 5,44 millones en el 2025, y cuyo grado de cobertura al final de periodo incrementara al valor que alcanzo al 2016 cuyo valor es del 97,24%. El crecimiento del consumo eléctrico para este sector espera alcanzar un valor promedio del 3,2% con un valor total esperado de 9.497 GWh al 2025 (ARCONEL, PME, 2017).

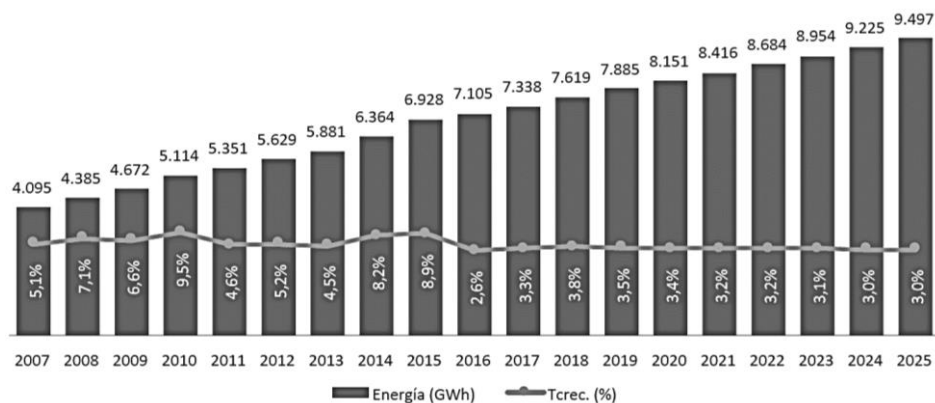


Figura 11. Proyección del consumo del sector residencial

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

1.2.3.5 Sector Comercial

La proyección de cantidad de usuarios en el sector comercial estima una tasa de crecimiento del 2,7% llegando a 612,053 usuarios en el 2025; consecuentemente la proyección de consumo de energía también tendrá un crecimiento anual promedio del 3,99% alcanzando del sector comercial a 5.872 GWh en el 2025(ARCONEL, PME, 2017).

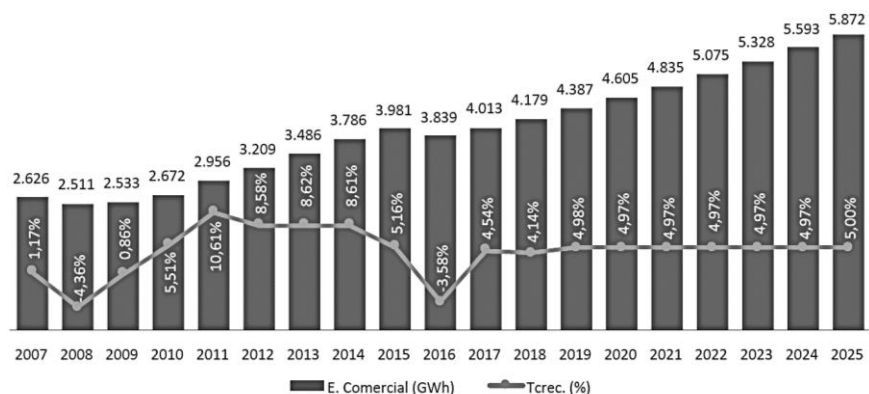


Figura 12. Proyección del consumo del sector comercial

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

1.2.3.6 Sector Industrial y Alumbrado público

La proyección se estima un crecimiento promedio anual del 2,77% para el 2025 alcanzando 154.062 usuarios para el 2025; y un crecimiento anual promedio proyectado del consumo de energía alcanzaría el 3,52% con un valor total de 10.375 GWh en el 2025.

Para el alumbrado público al no contar con información de cantidad de usuarios por la concepción de alumbrado público, para la proyección de la energía se utiliza un modelo econométrico basado en el comportamiento histórico de consumo; para el periodo de 2025 se estima un crecimiento anual promedio del 1,9% alcanzando 1.310 GWh en el 2025 (ARCONEL, PME, 2017).

1.2.3.7 Expansión de la Generación

Busca garantizar el abastecimiento interno de la demanda de potencia y energía eléctrica del país en condiciones de confiabilidad, calidad, economía y respeto por el ambiente, promoviendo el uso de recursos energéticos renovables; además de impulsar el desarrollo energético y tecnológico del sector eléctrico, desarrollar infraestructura en toda la cadena de suministro: generación, transmisión y distribución; aprovechar el potencial de desarrollo de la bioenergía y dando un impulso a la generación distribuida, con especial interés en las mini y micro centrales hidroeléctricas en todo el país.

Para ello se considera como elementos básicos: el crecimiento de la población y el crecimiento de la demanda; interconexiones internacionales; infraestructura existente; y el aprovechamiento de todas las fuentes de energía renovable disponibles en el país, así como las fuentes de energía no renovables.

La disponibilidad de recursos energéticos considerada para el plan de expansión de Generación para el 2025 se ha obtenido del “Inventario de Recursos energéticos del Ecuador 2015”, en donde se identifica el potencial técnico viable por tipo de fuente natural de energía; y se clasifican en cinco grupos (ARCONEL, PME, 2017):

- a. Recursos hidráulicos
- b. Recursos geotérmicos
- c. Recursos solares
- d. Recursos eólicos
- e. Recursos con biomasa y otras fuentes de energía
- f. Recursos energéticos no renovables

1.2.3.8 Expansión de la Transmisión

La planificación y el establecer proyectos y obras que se requieren ejecutar para el periodo 2016 – 2025 para la expansión de la infraestructura de SIN; permitirá la interconexión de los nuevos proyectos de generación con los centros de consumo, considerando la viabilidad de proyectos de interconexión eléctrica con los países vecinos, cumpliendo con las exigencias de confiabilidad, seguridad y calidad establecidas en las regulaciones vigentes; además priorizar la confiabilidad y seguridad de la red de transmisión para el suministro de energía eléctrica a la demanda implementando nuevo equipamiento para considerar la repotenciación y reconfiguración de la infraestructura existente, con fines de tener una red de transmisión óptimamente robusta y confiable (ARCONEL, PME, 2017).

Con la finalidad de tener un crecimiento técnico – económico óptimo del sistema eléctrico, en todas sus etapas, la expansión de transmisión y sub transmisión de las empresas distribuidoras se realizará de la mano con la expansión estructural de una manera coordinada.

1.2.3.9 Expansión y Mejora de la Distribución

Como objetivo principal del brindar el servicio público de energía eléctrica con los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental y eficiencia. Donde el sistema de distribución busca alcanzar niveles de gestión atribuibles a una empresa eléctrica que se desarrolle en función de los avances tecnológicos, evolucionando de un esquema tradicional a una visión moderna de planificación para ello:

- Expandir los sistemas de distribución en función al crecimiento de la demanda actual y futura
- Incrementando la cobertura del servicio de energía eléctrica
- Asegurar calidad, confiabilidad y cumplir con planes de inversión financiados por el estado y recursos propios
- Alcanzar un nivel óptimo de pérdidas de energía en el sistema de distribución
- Incrementar el servicio de alumbrado público mediante la utilización de tecnología eficiente y automatización de la distribución.

La prestación del servicio de energía eléctrica en el Ecuador se atiende a través de 10 empresas distribuidoras que cubren un área de servicio de 256.423 Km²; se establece

como meta para el 2025 la reducción de pérdidas de energía a nivel nacional de un 8,79% (ARCONEL, PME, 2017).

1.2.3.10 Desarrollo sustentable del sector eléctrico

El Ecuador dentro de sus políticas de estado, incentiva el uso de energías renovable, por sus características ambientales y principalmente por que se encuentran ligadas al desarrollo sustentables del sector eléctrico como son la energía hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa y geotérmica.

Tipo de Usuario	Consumo (GWh)	Región	Cobertura
Residencial	7.104,85	Sierra	98,47 %
Comercial	3.838,26	Costa	96,40 %
Industrial	5.231,38	Amazónica	94,47 %
Alumbrado Público	1.127,09	Insular	99,83 %
Otros	2.049,14	Zonas no delimitadas	92,31 %
Total	19.351,34	Total país	97,24 %

Figura 13. Consumo de energía y Cobertura del servicio eléctrico 2017

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

1.2.4. Planificación Eléctrica (EERCS)

La gestión de la demanda eléctrica se presenta como una alternativa a la crisis energética por lo que es indispensable capacitar al consumidor final de planes concretos de ahorro y eficiencia energética cuyos beneficios directos reflejen un menor consumo de energía; la situación medioambiental requiere de un uso eficiente de los recursos disponibles sabiendo que la suma de estos “pequeños” ahorros permitirá mantener fuera del despacho económico las centrales de tecnología obsoleta que contaminan el ambiente con costos de operación elevados y darán paso a las nuevas fuente de energía y el uso de tecnologías apropiadas para aprovechar dichos recursos energéticos.

1.2.4.1 Delimitación Geográfica

Es necesario determinar las conductas, comportamientos y hábitos de consumo de los clientes residenciales de la CENTROSUR; por lo tanto, considerando la población del sistema servido por la CENTROSUR aproximadamente el 89% de los clientes son residenciales y su consumo equivale cerca del 49% de la energía facturada por la empresa.

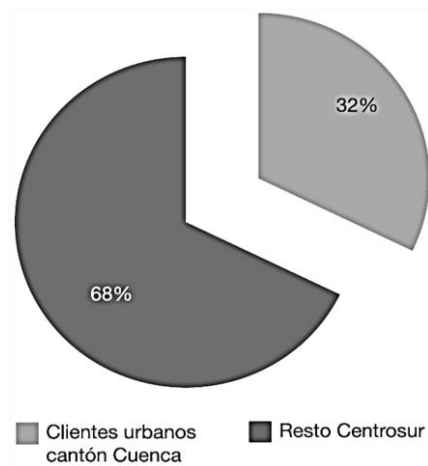


Figura 14. Clientes urbanos del cantón Cuenca, CENTROSUR

Fuente: (Plan Gestión de consumo para EERCS,2014)

La energía se consume de una manera ineficiente, existen pocas horas en el día en las cuales se realiza un consumo elevado, el sistema eléctrico debe estar sobre dimensionado en las etapas de generación, transporte y distribución, lo cual representa inversión adicional. Durante la mayor parte del día, la capacidad del sistema es subutilizado, además del impacto económico, afecta la eficiencia (Medina, 2017).

La gestión de la demanda eléctrica consiste en la implementación de políticas y medidas que motiven a los usuarios finales de energía eléctrica a reducir su consumo, cambiando hábitos de consumo o reemplazando equipos eléctricos por artefactos de mayor eficiencia. Los términos de ahorro energético y eficiencia energética pueden parecer iguales, pero indican dos realidades distintas; el ahorro de energía significa racionamientos de energía; la eficiencia se enfoca a reducir el consumo de energía sin afectar la calidad del servicio y el uso de equipos eficientes.

La Gestión de Demanda Eléctrica (GED) plantea una demanda:

Controlada o ajustada: desplazando ciertos consumos de las horas pico a otras horas; y **Reducida:** si se sustituyen artefactos eléctricos por otros de mayor eficiencia, o cambiando hábitos de consumo. Y como meta de un GED es que los clientes de una comercializadora realicen su consumo de energía de manera eficiente, elevando el factor de carga que se puede obtener disminuyendo el consumo en horas pico; en la siguiente curva de carga se observa que el máximo consumo del día se produce a las 20h00, si se desplazara este consumo a horas de la noche después de las 22h00 hasta

las 06h00 a partir de las 09h00 hasta las 16h00, el factor de carga mejora. (Medina, 2017)

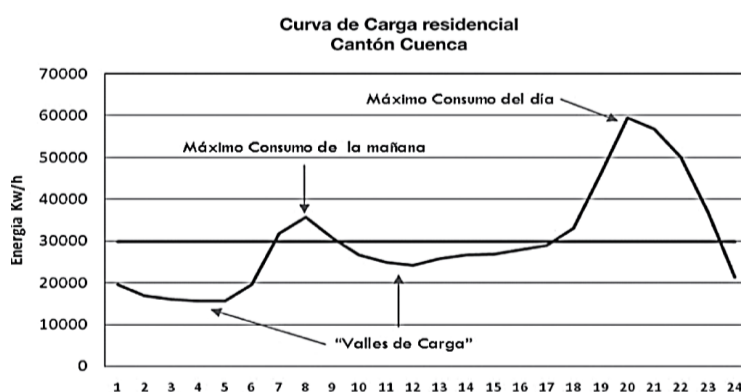


Figura 15. Curva de Carga residencial del cantón Cuenca

Fuente: (Plan Gestión de consumo para EERCS,2014)

Las estrategias de un plan de gestión de consumo de energía son fundamentalmente informativas, investigación, administrativas y financieras; así como las acciones del Plan de gestión de consumo de energía donde gana el cliente al reducir su consumo y gana la comercializadora al mejorar su factor de carga y reducir el consumo de horas pico y gana el país al reducir la producción de energía y se puede servir a otros sectores con la misma infraestructura ya existente para lo cual existen acciones sin inversión, con inversión, acciones de retorno a corto, mediano y largo plazo siendo los puntos más importantes: el aprovechamiento de la luz natural, eliminación del consumo stand-by de los equipos, sustitución de luminarias ineficientes, desplazar el uso de equipos no prioritarios en horas pico, mejorando los aislamientos internos y externos en las viviendas y comerciales, reemplazo de equipos y electrodomésticos por unidades más eficientes logrando así la calidad de servicio y reducción de costos y pérdidas a la empresa comercializadora.

En el cantón Cuenca se presentan algunas acciones para reducir el consumo del sector residencial las cuales son: campaña informativa, sustitución de calentadores eléctricos por calentadores solares, participación de la CENTROSUR en el mercado de bonos de carbono, retraso de inversiones en expansión del sistema de subtransmisión y distribución; donde cada acción mencionada tiene su debido análisis, beneficios, etapas de implementación y sustento económico para beneficio de la empresa como los usuarios finales (Medina, 2017).

1.2.4.2 Energía Renovable, Ahorro de Energía y Eficiencia Energética

Entre este tipo de energía tenemos la Energía eólica, hidroeléctrica, solar-térmica, solar-fotovoltaica, biomasa, biogás, geotérmica; donde los programas de eficiencia energética buscan aplicar este tipo de energías para la disminución del consumo energético y contribuyan a reducir el consumo de energías primarias fósiles.

En cuanto al ahorro energético esta reducción se enfocará en la disminución en el consumo innecesario de energía “apagando las luces”, es decir durante la hora máxima de consumo del sector residencial de Cuenca que son las 20h00, además reducir el consumo stand by en un 50% conectando los equipos eléctricos a regletas; con estas medidas se lograría reducir 8,855MWh/mes y 290,9415Kw en la hora de máximo consumo de la noche (Medina, 2017).

Le eficiencia energética se centra en el cambio o sustitución de equipos por similares, pero de mejor eficiencia; como lo son las lámparas fluorescentes por luminarias de tecnología led; con esta medida se logra una disminución de 43,335MWh/mes; otra medida es el cambio de equipos de refrigeración por equipos más eficientes, así como el cambio de más artefactos por otros eficientes logrando una disminución de consumo alta para el cantón (Medina, 2017).

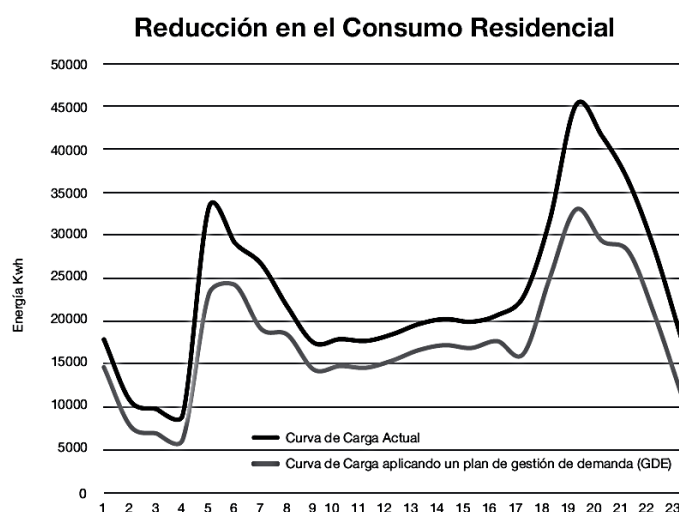


Figura 16. Relación entre las curvas de carga

Fuente: (Plan Gestión de consumo para EERCS,2014)

Los datos de la CENTROSUR en cuanto a las pérdidas técnicas promedio en el sistema del cantón Cuenca equivalen aproximadamente al 5,83% de la energía

disponible para la comercializadora. Las emisiones de carbono debido a la producción de electricidad usando diversas tecnologías equivalen aproximadamente a 1,535 lb CO₂/ KWh; por lo que se busca reducir esta cantidad de emisiones mediante el uso adecuado de la energía y con la utilización de nuevas tecnologías (Medina, 2017).

1.3. Problemática

La demanda de recursos energéticos en el mundo está subiendo rápidamente en los últimos años debido al notable crecimiento de la población, así como al gran desarrollo en el ámbito industrial y el uso del transporte. Existe pues la necesidad de determinar los recursos energéticos renovables disponibles en la ciudad de Cuenca, con el propósito de auto sustentar a la ciudad de energía eléctrica, obteniendo un aporte de energía limpia para la ciudad, por lo cual se realizará la elección de proyectos aplicables en la ciudad considerando los aspectos de la aplicación de un modelo urbano de metabolismo circular.

Aun sabiendo que los niveles de emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes en Latino América están bajo los niveles mundiales se tiene el riesgo de afrontar los daños a futuro, por el calentamiento global, los cambios climáticos y emisiones globales. Existe una tendencia de crecimiento poblacional en el Ecuador donde la población aumento de 6´248831 en 1971 a 16´560348 de habitantes en la actualidad lo cual genera un gran aumento en la necesidad de recursos energéticos, así como la generación de más gases contaminantes (Barragán, Arias, & Terrados, 2016).

En Ecuador el plan del “buen vivir” hasta el 2016; y el plan “toda una vida” desde el 2017, destacan el derecho a un “hábitat seguro y saludable en el cual destaca el interés público de la preservación del ambiente y promueve un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado” (Abad, 2017), por lo que de ahí parte una de las razones para auto sustentar al país de energía limpia, confiable y en beneficio de los habitantes de la ciudad.

El 84% de la demanda de energía total en Ecuador depende principalmente de fuentes fósiles, estando el diésel con un 31%, seguido de la gasolina con un 23%, y la energía eléctrica con un 13%; como se puede observar en la ilustración 19, la demanda total de energía por fuente en el Ecuador.

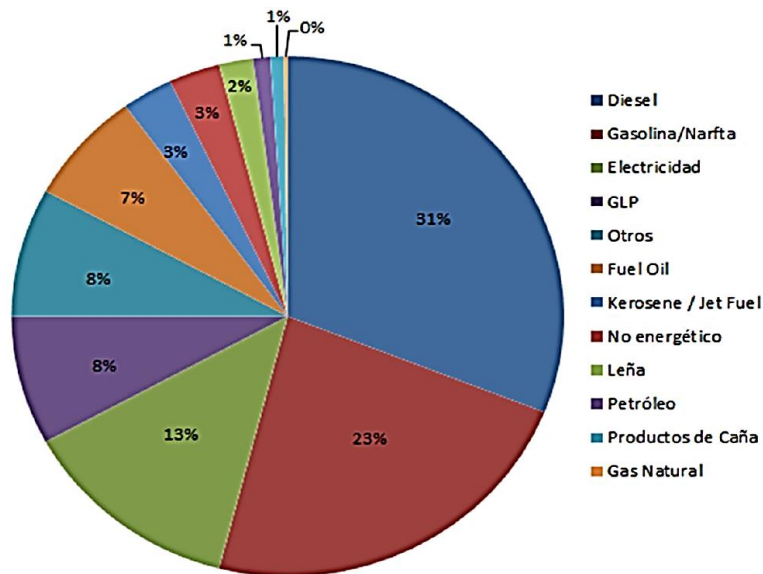


Figura 17. Porcentajes de Demanda total de energía

Fuente: (INEC,2014)

El cantón Cuenca tiene 614,539 habitantes, donde la zona urbana alberga el 65.6% de la población y en las zonas rurales se contabiliza un aproximado de 173,697 habitantes donde una de las causas principales del impacto y deterioro ambiental se debe al crecimiento urbano, así como las emisiones de gases de efecto invernadero que han cambiado notablemente los ecosistemas para evitar estos efectos se busca emplear mecanismos que permitan la reintegración de procesos naturales en los sistemas urbanos para incrementar la eficiencia en la utilización de los recursos naturales, en este caso para este proyecto se trata de identificar y aprovechar los distintos recursos de energías renovables mediante las tecnologías a nuestro alcance (Barragán, Arias, & Terrados, 2016).

Mediante un enfoque del metabolismo circular urbano, a las ciudades se las puede considerar un ecosistema artificial que requiere de materiales, nutrientes, agua y energía; la obtención de estos recursos ejerce una enorme presión sobre el medioambiente por la generación de emisiones, residuos y efluentes, para ello se plantea formas de recuperar los recursos cambiando un modelo urbano desde un metabolismo lineal a uno circular, planteando alternativas contra la degradación ambiental, incluido efectos futuros del calentamiento global es necesario que las políticas públicas y la planificación organizada tengan en cuenta los conceptos relacionados con el suministro de energía y los recursos disponibles que tiene la ciudad; para ello se determinaran las tecnologías que usan recursos que provienen de las ciudades siendo posible reducir los flujos de los portadores de energía que requiere una

ciudad teniendo en cuenta factores técnicos, económicos, sociales y ambientales logrando así promover la auto sostenibilidad energética (Barragán, Arias, & Terrados, 2016).

1.4. Análisis del tipo de Energías Renovables disponibles en la ciudad de Cuenca

Para el análisis de los diferentes tipos de energías renovables disponibles en la ciudad de Cuenca se profundizara en la investigación de diferentes artículos y tesis referenciadas al tema con el fin de establecer las energías más relevantes y que se pueden desarrollar, tomando en cuenta las alternativas de energía con las que cuenta el territorio que son las fuentes de energía que se pueden encontrar como los son: el agua, residuos, radiación solar, el calor de la tierra y el viento los mismos que se pueden aprovechar para la generación de energía y transformarla en energía eléctrica, también el análisis de los principales criterios para implementarlas; de la misma manera estos pueden ser: criterios técnicos, sociales, políticos, ambientales y económicos y tener él cuenta los pesos de selección para cada una de las alternativas, como la potencia que nos brindara dichos proyectos a implementarse.



Figura 18. Criterios para la selección de la ER en la ciudad de Cuenca-Ecuador

Fuente: (Abad, 2017). Elaboración propia

1.4.1. Selección de Alternativas

Las alternativas son las propuestas factibles por las cuales se pretende lograr las metas planteadas en cuanto al buen uso de la energía en la ciudad con el fin de cumplir con la auto sustentabilidad y sostenibilidad de la ciudad; cada una de las alternativas cuenta con características positivas y negativas que según el estudio “Sustainable cities: an analysis of the contribution made by renewable energy under the umbrella of urban metabolism” (Barragan, Arias, & Terrados, 2016), donde se proponen 11 tecnologías que son opciones de energías; estas tecnologías tienen en común que pueden diseñarse utilizando los recursos que provienen de las ciudades de tal forma que promueva el metabolismo circular energético en este caso de la ciudad de Cuenca.

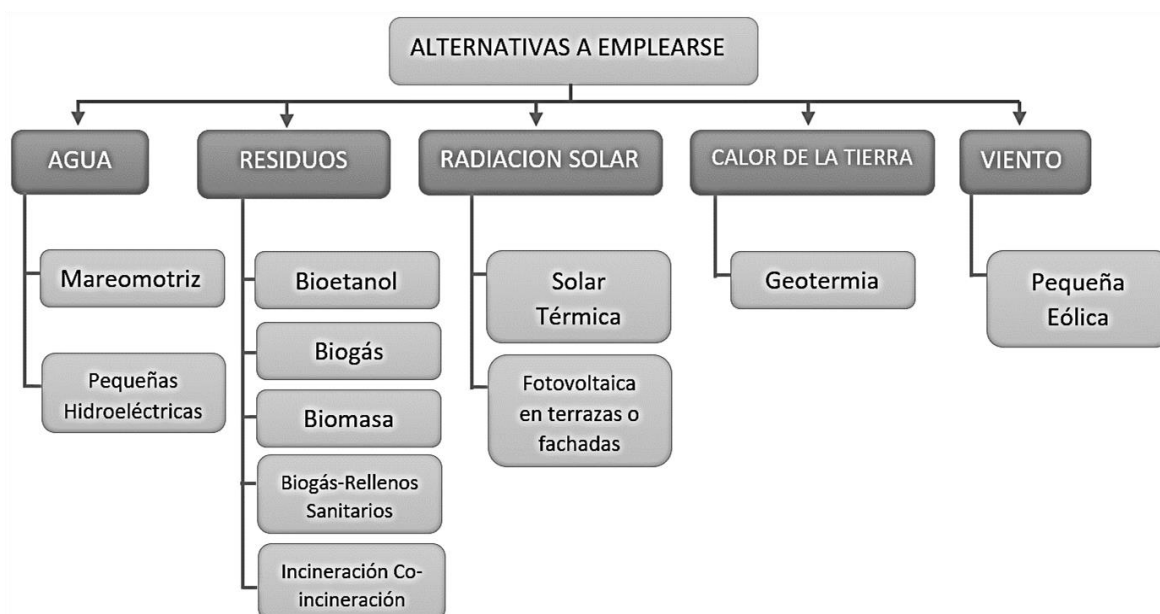


Figura 19. Alternativas a emplearse en la selección de la ER en la ciudad de Cuenca-Ecuador

Fuente: Elección de tecnologías de ER (2017). Elaboración propia

1.4.2. Selección de Criterios

(Barragan, Arias, & Terrados, 2016), proponen criterios y subcriterios que han sido seleccionados mediante una exhaustiva revisión bibliográfica con el propósito de elegir la tecnología más adecuada en cuanto al uso de energías renovables para ciudades intermedias y en este caso para la ciudad de Cuenca; criterios que se describen a continuación:

Tabla 1. Descripción de los criterios seleccionados.

<i>CRITERIO</i>	<i>SUBCRITERIO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Técnico	Eficiencia	<i>Se basa en el valor que se obtiene entre la salida de energía y la cantidad de energía contenida en la fuente; mientras más cantidad de energía disponible, la eficiencia es mayor; es de tipo cualitativo.</i>
Técnico	Disponibilidad de fuente primaria	<i>Hace referencia a la existencia de la energía primaria disponible para la tecnología dada; es de tipo cualitativo.</i>
Técnico	Madurez de la tecnología	<i>Está dado por el nivel de desarrollo que tiene una tecnología concreta en un determinado tiempo de acuerdo al entorno en el que se desarrolla.</i>
Técnico	Obstáculos urbanos y disponibilidad de área	<i>Es la disponibilidad de terreno con el que cuenta la ciudad para la implementación de la tecnología.</i>
Técnico	Intervención arquitectura	<i>La infraestructura actual de la ciudad se puede ver afectada por la infraestructura producida por la generación de energía; ligado al aspecto particular de cada ciudad.</i>
Económico	Inversión inicial	<i>Hace referencia al coste total del equipo y maquinaria para el arranque del proyecto, además los gastos generados para la instalación y funcionamiento del sistema de generación.</i>
Económico	Costo de operación y mantenimiento	<i>Dado por todos los gastos relacionados al mantenimiento de los equipos como a las reparaciones en caso de fallos de los mismos durante su vida útil.</i>
Económico	Costo de energía	<i>El coste que va producir una unidad de energía; como preferencia energías que generan menos valor monetario.</i>
Ambiental	Calentamiento global	<i>Hace referencia a las emisiones de gases que provocan el calentamiento global; indican la cantidad de emisiones que generan en un ciclo de vida de la tecnología</i>
Ambiental	Acidificación	<i>Es el descenso del PH de los océanos de la tierra causados por la absorción de dióxido de carbono antropogénico desde la atmosfera; indica la cantidad de emisiones durante la vida útil de la tecnología.</i>
Ambiental	Eutrofización	<i>El uso de combustibles fósiles produce óxidos de nitrógeno, causando la eutrofización debido al exceso de nutrientes depositados en el suelo o en el agua; indica la cantidad de óxidos de nitrógeno en el ciclo de vida de la tecnología.</i>
Socio político	Empleo	<i>Es el grado de generación de empleo al implementar una diferente tecnología mejorando la calidad de vida de las personas y estableciendo nuevos negocios.</i>
Socio político	Aceptabilidad social	<i>Hace referencia al grado de aceptabilidad que tiene la implementación de la nueva tecnología en relación a la comunidad beneficiada de la misma.</i>
Socio político	Compatibilidad con las políticas internacionales, regionales o locales	<i>Es la concordancia que se tiene con las políticas que rigen las Energías Renovables, su aplicación, uso y beneficio.</i>

Fuente: Barragán, Arias & Terrados (2017). Elaboración propia

Los problemas energéticos que presenta la ciudad de Cuenca debido a su crecimiento justifica esta investigación, para que así además de conocer la mejor alternativa de la ciudad en cuanto a fuentes de Energías Renovables saber si la infraestructura de la ciudad es adecuada, aspectos ambientales, características de cada

fuentes de energía para el planteamiento de proyectos a desarrollarse en la ciudad que cuente con los debidos criterios y pesos expuestos anteriormente para llevarse a cabo en el futuro de la ciudad con el propósito de que Cuenca como una de las ciudades intermedias sea autosustentable y logre un servicio de calidad y sostenible para la población.

Según (Abad, 2017), al aplicar el método multicriterio AHP los resultados obtenidos en la ciudad sugieren que la mejor alternativa es la energía hidroeléctrica con un porcentaje del 14%, seguida de la energía fotovoltaica con un 12% y en tercer lugar el biogás RSU con un 11%.

- La selección de la energía hidroeléctrica se debe a la disponibilidad del recurso, además de una amplia aceptación social y económica, generando un bajo costo final y un alto nivel de eficiencia, considerada como una de las mejores opciones en la valoración individual de cada criterio.
- La energía fotovoltaica tiene un alto nivel de importancia debido a que, a pesar de su impacto ambiental durante la construcción de las celdas fotovoltaicas, una vez en funcionamiento no provoca daño ambiental, además de que la disponibilidad de energía solar en la ciudad es bastante alta.
- La energía obtenida por Biogás proveniente del relleno sanitario es una alternativa de alta valoración principalmente por la disponibilidad del recurso en la zona y la eficiencia que se obtiene de esta fuente de energía.

En cuanto a los criterios y subcriterios más importantes a tomarse en cuenta en la ciudad de Cuenca se ha establecido según el estudio AHP realizado por Abad (2017), el porcentaje de cada uno de ellos, resultados de gran importancia al momento de elegir cualquiera de esas fuentes de energía renovable y un aspecto muy importante para tener en cuenta al momento de plantearnos un proyecto de energía para la ciudad; los mismos resultados que se aprecian en la siguiente ilustración:

Priorización global de sub - criterios

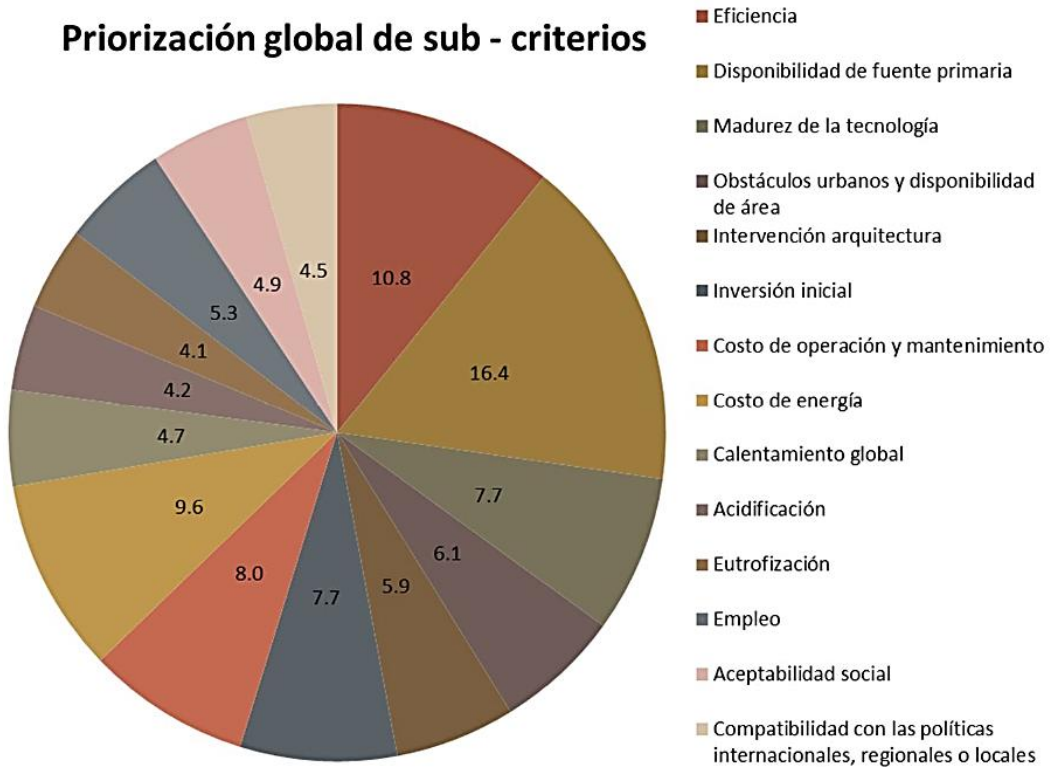


Figura 20: Porcentajes de priorización de Criterios y Subcriterios

Fuente: (Abad, 2017)

Según (Barragán, Arias, & Terrados, 2016), en su estudio realizado en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, plantean como mejor alternativa la energía fotovoltaica ya que la energía y la radiación solar se mantienen constantes debido a la falta de cambio de estaciones en Cuenca; seguida de las pequeñas hidroeléctricas ya que la ciudad cuenta con un amplio recurso energético gracias al estar atravesada por cuatro ríos y hay la posibilidad de construcción de estas hidroeléctricas; y finalmente la producción de biogás proveniente de desechos urbanos, es viable debido a que tiene la capacidad de cubrir la demanda en un porcentaje del 1 al 2% de energía de la ciudad.

Por ende las posibilidades de combinar estas tecnologías ya sea según el estudio realizado por (Abad, 2017) y (Barragán, Arias, & Terrados, 2016), nos permitirán establecer una estrategia que logre equilibrar estos criterios seleccionados y los propios; desde un enfoque de sostenibilidad y auto sustentabilidad para la ciudad de Cuenca, donde el desarrollo de estas tecnologías de Energía Renovable nos garanticen la eficiencia energética destinada a la zona urbana de la ciudad y; mejorar la calidad de vida de los habitantes.

1.5. Factibilidad de Nuevos Proyectos de Desarrollo Energético Renovable en la ciudad de Cuenca

Las energías renovables son aquellas que en teoría no se agotaran con el paso del tiempo y son una alternativa sobre otras fuentes de energía más utilizadas ya que producen un impacto ambiental mínimo que junto al ahorro, eficiencia y calidad del servicio son una buena alternativa para un futuro energético limpio, seguro y autónomo (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Para conocer la factibilidad del desarrollo de nuevos proyectos además de la selección multicriterio y las investigaciones realizadas con estos métodos también se busca el conocer datos técnicos de estas tecnologías de fuente renovable para la ciudad de Cuenca donde se obtenga una gran información de las diferentes fuentes de energía y se pueda comparar entre cada una de ellas.

1.5.1. Energía Solar

Esta energía se obtiene a partir de la radiación electromagnética procedente del sol, ya que es una energía gratuita, inagotable y sobre todo limpia ofrece ventajas con respecto a las energías convencionales. Existen dos formas básicas de energía proveniente del sol, la energía solar térmica y la energía fotovoltaica (Neira & Espinoza, 2012).

La energía solar térmica aprovecha la radiación del sol para calentar un fluido que suele ser agua o aire donde el calor generado incrementa la temperatura del agua u otro fluido para convertirlo en vapor que es transportado a una turbina que al girar esta produce energía eléctrica. Y la energía fotovoltaica se caracteriza por su funcionamiento a base de paneles fotovoltaicos que captan radiaciones luminosas y las transforman en una corriente eléctrica mediante dispositivos electrónicos denominados “celdas solares” con materiales semiconductores que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

1.5.2. Energía Solar en el Ecuador

Al estar ubicado nuestro país en el centro de la tierra, tiene un potencial solar que sitúa al Ecuador en niveles muy convenientes para el aprovechamiento energético; a lo largo del año la radiación solar presenta homogeneidad y los valores de irradiación oscilan entre los 3,35 KWh/m² y los 4,33 KWh/m²(Espinoza, León, & Barragán, 2012).

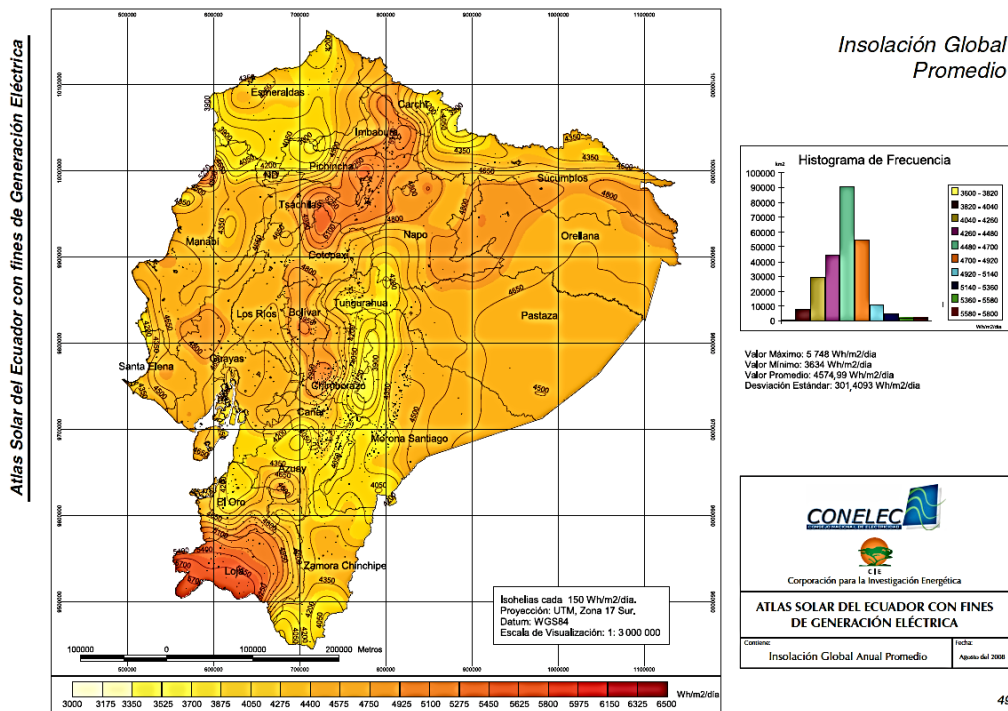


Figura 21. Insulación Global promedio

Fuente: (CONELEC, Atlas Solar, 2008)

El atlas solar realizado con fines de generación eléctrica nos indica la cuantificación del potencial solar disponible para la generación de energía de donde obtendremos datos de la irradiación solar para la ciudad de Cuenca con referencia a los 8639 Km² que tiene la ciudad, sin olvidar que este tipo de energía cuenta con políticas que incentivan las energías renovables (CONELEC, Atlas Solar, 2008).

Tabla 2. Insulación por mes para la ciudad de Cuenca

INSOLACIÓN POR MES PARA LA CIUDAD DE CUENCA	INSOLACIÓN DIFUSA	INSOLACIÓN DIRECTA	INSOLACIÓN GLOBAL
Enero	2696 a 2810 Wh/m ² /día	1390 a 1720 Wh/m ² /día	3700 a 3875 Wh/m ² /día
Febrero	2696 a 2810 Wh/m ² /día	1060 a 1390 Wh/m ² /día	3700 a 3875 Wh/m ² /día
Marzo	2696 a 2810 Wh/m ² /día	1390 a 1720 Wh/m ² /día	3875 a 4050 Wh/m ² /día
Abril	2696 a 2810 Wh/m ² /día	1390 a 1720 Wh/m ² /día	3875 a 4050 Wh/m ² /día
Mayo	2580 a 2695 Wh/m ² /día	1720 a 2050 Wh/m ² /día	3875 a 4050 Wh/m ² /día
Junio	2235 a 2350 Wh/m ² /día	2050 a 2380 Wh/m ² /día	3700 a 3875 Wh/m ² /día

Julio	2235 a 2350 Wh/m2/día	2050 a 2380 Wh/m2/día	3875 a 4050 Wh/m2/día
Agosto	2465 a 2580 Wh/m2/día	2050 a 2380 Wh/m2/día	4050 a 4275 Wh/m2/día
Septiembre	2465 a 2580 Wh/m2/día	2380 a 2710 Wh/m2/día	4050 a 4275 Wh/m2/día
Octubre	2465 a 2580 Wh/m2/día	2050 a 2380 Wh/m2/día	4275 a 4400 Wh/m2/día
Noviembre	2235 a 2350 Wh/m2/día	2380 a 2710 Wh/m2/día	4275 a 4400 Wh/m2/día
Diciembre	2235 a 2350 Wh/m2/día	2710 a 3040 Wh/m2/día	4400 a 4575 Wh/m2/día
Insolación promedio	2350 a 2465 Wh/m2/día	2050 a 2380 Wh/m2/día	4050 a 4275 Wh/m2/día

Fuente: (CONELEC, Atlas Solar, 2008). Elaboración propia

1.5.3. Energía Eólica

Es la energía cinética producida por el viento que utiliza la transformación de la energía mecánica de rotación adquirida en la turbina para convertirla en generación de energía eléctrica, a este conjunto turbina-generador se lo conoce como aerogenerador.

La energía eólica captada es mayor que la energía eléctrica obtenida por lo que tiene su valor de eficiencia menor a la unidad; para su aprovechamiento se necesita la instalación de varios aerogeneradores que constituyen un parque eólico destinado a la producción de energía eléctrica, los cuales pueden estar conectados a la red de distribución o instalaciones pequeñas no conectadas a la red (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

1.5.4. Energía Eólica en el Ecuador

La orografía del Ecuador divide el territorio en cuatro zonas climáticas bien definidas siendo estas zonas: la Zona Oriental o Amazónica, la Zona de la Sierra, la Zona de la Costa y las Islas Galápagos.

El atlas eólico del Ecuador presenta las condiciones anuales de viento con una resolución de 200 m x 200 m por lo que la estimación de potencial eólico es considerando que las áreas integradas deben presentar velocidades medias anuales iguales o mayores a 7 m/s, turbinas eólicas instaladas en torres a 80 m de altura, considerando también una densidad media de ocupación de terreno de 3 MW/km² para la generación de energía a intervalos con incrementos de 0,5 m/s para las velocidades medias anuales de viento. Ha sido adaptado un factor de disponibilidad de 0,98 y factores de planta que varían entre un 0,2 y 0,35 calculados en función de la velocidad media anual del viento; considerando también la densidad del aire a 3500 m.s.n.m. que

tiene un valor de 0,87 kg/m³. A partir de estas consideraciones para la energía eólica se estima un potencial bruto total de 1670 MW y un potencial factible a corto plazo de 884 MW (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

El atlas eólico realizado con fines de generación eléctrica nos permite identificar la distribución de este recurso sobre el territorio, los vientos dominantes sobre el país que son los alisios, provenientes del este y que atraviesan todo el continente por lo tanto el potencial eólico que se puede disponer en el país específicamente recopilando datos del atlas eólico para la ciudad de Cuenca, resaltando el apoyo que tiene este tipo de energía y políticas que incentivan a este tipo de energía y dicha información se indicara en las siguientes tablas (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Eólico, 2013):

Tabla 3. Potencial Eólico – Potencial Bruto

POTENCIAL EOLICO ESTIMADO PARA PROVINCIA DEL AZUAY – POTENCIAL BRUTO									
POTENCIAL INSTALABLE						INTEGRACION ACUMULADA			
PROVINCIA	RANGO VELOCIDAD m/s	AREA (KM ²)	POTENCIA INSTALABLE (MW)	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGIA ANUAL (GWh/año)	VIENTO m/s	AREA (KM ²)	POTENCIA INSTALABLE (MW)	ENERGIA ANUAL (GWh/año)
AZUAY	7,0 - 7,5	62,16	186,47	0,20	320,17	>7	98,25	294,75	506,07
	7,5 - 8,0	26,90	80,71	0,25	173,22	>7,5	36,09	108,28	232,38
	8,0 - 8,5	7,16	21,47	0,30	55,29	>8	9,19	27,56	70,99
	>8,5	2,03	6,10	0,35	18,31	>8,5	2,03	6,10	18,31

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Eólico, 2013). Elaboración propia

Tabla 4. Potencial Eólico – Potencial factible a corto plazo

POTENCIAL EOLICO ESTIMADO PARA PROVINCIA DEL AZUAY POTENCIAL FACTIBLE A CORTO PLAZO									
POTENCIAL INSTALABLE						INTEGRACION ACUMULADA			
PROVINCIA	RANGO VELOCIDAD m/s	AREA (KM ²)	POTENCIA INSTALABLE (MW)	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGIA ANUAL (GWh/año)	VIENTO m/s	AREA (KM ²)	POTENCIA INSTALABLE (MW)	ENERGIA ANUAL (GWh/año)
	7,0 - 7,5	21,38	64,14	0,20	110,13	>7	33,92	101,77	174,74
	7,5 - 8,0	8,29	24,86	0,25	53,34	>7,5	12,54	37,63	80,77

AZUAY	8,0 - 8,5	2,90	8,70	0,30	22,40	>8	4,26	12,78	32,91
	>8,5	1,36	4,08	0,35	12,26	>8,5	1,36	4,08	12,26

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Eólico, 2013). Elaboración propia

Tabla 5. Estimación de datos eólicos para la provincia del Azuay

ESTIMACION DE DATOS EOLICOS PARA LA PROVINCIA DEL AZUAY		
PROVINCIA	PARAMETRO	VALOR EN SU UNIDAD
AZUAY	<i>Pendiente del terreno</i>	18 - 20 %
	<i>Rugosidad del terreno</i>	0,1 - 0,2 m.
	<i>Elevación sobre nivel del mar</i>	2000 - 2500 m.s.n.m.
	<i>Velocidad media anual del viento a 30 m de altura</i>	18 a 19,8 km/h - 5.0 – 5.5 m/s
	<i>Velocidad media anual del viento a 50 m de altura</i>	19,8 a 21,6 km/h - 5.5 – 6.0 m/s
	<i>Velocidad media anual del viento a 80 m de altura</i>	19,8 a 21,6 km/h - 5.5 – 6.0 m/s
	<i>Densidad de potencia media anual del viento a 30 m</i>	100 - 150 W/m ²
	<i>Densidad de potencia media anual del viento a 50 m</i>	150 - 200 W/m ²
	<i>Densidad de potencia media anual del viento a 80 m</i>	200 - 250 W/m ²
	<i>Potencial bruto</i>	294,75 MW – 506,07 GWh/año
	<i>Potencial factible a corto plazo</i>	101,77 MW – 174,74 GWh/año

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Eólico, 2013). Elaboración propia

1.5.5. Biomasa

Al hablar de biomasa nos referimos a toda materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía, así como toda materia que proviene de la agricultura, aserradero y de los residuos urbanos como lo son aguas negras, basura orgánica entre otros, dado la tecnología actual se han desarrollado procesos eficientes y limpios para convertir esta materia llamada biomasa en energía. Los procesos de cogeneración (calor y electricidad) se sabían realizar de una manera ineficiente, sin embargo, en los últimos años se ha ido mejorando el proceso de aprovechamiento de esta energía para una mejor generación de electricidad y brindar el excedente de energía a la red eléctrica (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

1.5.6. Energía de Biomasa en el Ecuador

En el Ecuador se ha visto el gran potencial de biomasa por su alta producción agrícola y ganadera, las mismas que son actividades que generan gran cantidad de desechos cuya materia orgánica es utilizada energéticamente. Para ello existe un

proceso de transformación de la materia para obtener la energía comenzando por la **combustión** directa a la materia usando calderas y turbogeneradores para la generación de energía eléctrica, también está la **gasificación** que es la ruptura térmica completa de biomasa en gas combustible, carbón y cenizas en un reactor cerrado o gasificador. (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Bioenergético, 2014). También se realiza la **pirolisis rápida** que es un proceso a alta temperatura en el cual la biomasa es calentada rápidamente en ausencia de oxígeno, se descompone para generar vapores, aerosoles y algo de carbón, proceso el cual produce bioil (aceite vegetal reciclable), carbón sólido y gases no condensables dependiendo de la materia prima; también está la **fermentación alcohólica** del cual se obtiene el Bioetanol que es un biocombustible de primera generación, es un recurso sustentable con costos de producción y transporte, así como reducidos efectos negativos sobre el medioambiente. La **esterificación** es una manera sencilla para semejar las características de un aceite a las de un diésel – oíl y el proceso de la **digestión anaeróbica** que es la generación de biogás a partir de residuos orgánicos húmedos sostenidos a fermentación, la generación del biogás generado es generalmente: 50 a 70 % metano (CH₄), 30 a 45% de dióxido de carbono (CO₂), 0,5 a 3 % de nitrógeno (N₂), 1% de hidrogeno (H₂), 1% de oxígeno (O₂) y pequeñas concentraciones de ácido sulfhídrico (SH₂) y otros gases (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Bioenergético, 2014).

El atlas bioenergética realizado con fines de aprovechamiento de generación de energía identificar los principales residuos provinciales bajo parámetros de producción en cada actividad realizada, cantidad de residuos generados, expresados en toneladas anuales y por lo tanto el potencial bioenergético que se puede disponer en el país específicamente recopilando datos del atlas eólico para la provincia del Azuay, y esta información se puede observar en las siguientes tablas (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Bioenergético, 2014):

Tabla 6. Cantidad de Residuos y energía bruta T/año para la provincia del Azuay

CANTIDAD DE RESIDUOS					
PROVINCIA	SUPERFICIE (Km ²)	PRODUCTO	PRODUCCION ABSOLUTA (T/año) o (cabezas/año)	RESIDUOS (T/año)	ENERGIA BRUTA (TJ/año)
AZUAY	8.325,67	CACAO	530,00	6.562,09	44,38
		VACUNO LECHE	128,196	97.305,90	19,38
		BANANO	853,67	563,42	7,11

		MAIZ DURO	487,30	219,28	2,73
		PLATANO	156,58	103,34	1,30
		PIÑA	48,78	48,78	0,44
		TOTAL	130.196,55	104.754,04	74,92

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Bioenergético, 2014). Elaboración propia

Tabla 7. Cantidad de Residuos Agropecuarios y Pecuarios para la provincia del Azuay

RESIDUOS AGROPECUARIOS							
PROVINCIA	SUPERFICIE (Km²)	PRODUCTO	PRODUCCION DE RESIDUOS	DENSIDAD DE CRIA (cabezas/km²/año)	DENSIDAD DE EXCRETAS (t/km²/año)	POTENCIAL ENERGETICO	
AZUAY	8.325,67	AVICOLA	4.519,83 t/año y 150,93 m ³ metano/año	8 – 20	0.02 – 1	16.800 – 84000 m ³ metano/año	
		GANADO PORCINO	1.623,92 t/año y 21.971,59 m ³ metano/año	0.02 – 8	0.01 – 1	336 – 16.800 m ³ metano/año	
		GANADO VACUNO (CARNE)	652,29 t/año y 5.021,85 m ³ metano/año	20 – 100	0.01 – 1	336 – 16.800 m ³ metano/año	
		GANADO VACUNO (LECHE)	97.305,90 t/año y 582.638,88 m ³ metano/año	8 – 20	5 – 20	168.000 – 336.000 m ³ metano/año	
		PRODUCCION TOTAL PECUARIA	1.623,92 toneladas de residuos al año				
		DENSIDAD TOTAL PECUARIA DE EXCRETAS	5 – 20 toneladas/km ² /año				

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Bioenergético, 2014). Elaboración propia

1.5.7. Energía Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es una de las principales alternativas a desarrollarse en la ciudad de Cuenca según los estudios realizados por (Abad, 2017) y (Barragan, Arias, & Terrados, 2016), ya que realizando los métodos multicriterio y los diferentes criterios aplicados sobresalió este tipo de energía siendo esta energía la que aprovecha el caudal del agua para mover una turbina acoplada a un generador de electricidad, la misma que puede ser de dos tipos:

Hidroeléctricas de embalse, las mismas que provocan serios impactos ambientales y sociales debido a la gran superficie que se necesita, con la necesidad de reubicar a la población, implica altos costos para mitigarlos. Y las hidroeléctricas a filo de río que debido a su menor tamaño generan menos impactos ambientales, dando beneficios sociales a la población como la prevención de inundaciones, disponibilidad

de riego, uso doméstico y debido a que no causan impacto ambiental ha logrado tener cada vez una mejor aceptación social (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Estas centrales transforman la energía hidráulica en energía eléctrica mediante un proceso limpio el cual no produce partículas que puedan contaminar la atmosfera, tienen mínimas necesidades de mantenimiento y constituyen una opción gracias a su costo de generación bajo son viables para sectores aislados y para ciudades en las que se pueda implementar dichas centrales queriendo alcanzar con esto la auto sustentabilidad del sector (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

1.5.8. Energía Hidroeléctrica en el Ecuador

En el Ecuador se tiene un alto potencial hidroeléctrico, consta de dos redes fluviales que desembocan una hacia el Océano Pacífico y la otra hacia la Llanura Amazónica, este potencial debe ser desarrollado de forma coordinada en función de la complementariedad que presenta estas vertientes.

El desarrollo de la hidroelectricidad en el Ecuador ha tenido una gran importancia y actualmente el país cuenta con una potencia hidráulica instalada (embalse y filo de río) de 19,867 GWh lo que significa que su incremento fue superior al 179% pasando de generar el 69,4% de total de energía eléctrica en el país al 71,6% en 2017. La capacidad efectiva en generación de energía que hoy tiene Ecuador es debido al gran proceso de innovación de infraestructuras que se han llevado a cabo hasta el 2017 cuando entraron en operación 27 centrales eléctricas generando una capacidad efectiva de más de 7,000 MW frente a la demanda máxima nacional, que está en torno a los 3,692 MW (CENACE, Informe Anual, 2017).

Siendo los criterios de selección con más peso a tomar en cuenta los que se describen a continuación:

Tabla 8. Criterios y pesos de selección para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica

CRITERIOS DE SELECCIÓN	
VERTIENTE	<i>Este factor se escoge por la complementariedad que existe entre las dos vertientes (épocas de estiaje), y la reducida explotación del potencial hídrico de la vertiente del pacífico.</i>

POTENCIA		<i>En este factor influye la no necesidad de estudios ambientales para proyectos de menor potencia, que las centrales que usen energías renovables tienen asegurada la venta de su energía y que los costos de inversión son reducidos lo cual hace más factible el desarrollo de estos proyectos por pequeñas empresas.</i>
FACTOR PLANTA	DE	<i>Permite determinar el porcentaje de utilización de la capacidad de la planta en el tiempo, por ende una central con mejor factor de planta recibirá un mayor peso.</i>
PRECIO UNITARIO		<i>Este es el factor que relaciona el costo en dólares por cada KW producido por cada central.</i>
ESTUDIOS		<i>Los costos relacionados con el avance estudios son esenciales al momento de la selección de proyectos, ya que mientras más avanzado se encuentre estos estudios menores serán los montos a invertir.</i>
AREA PROTEGIDA		<i>La presencia de proyectos en zonas ambientales protegidas representan costos adicionales tanto de estudios de impactos así como permisos de operación y remediación ambiental, por esta razón los proyectos que se encuentren en zonas protegidas o reservas ambientales reciben un bajo peso, y aquellos que no están dentro de estas reservas un peso alto que prioriza su construcción.</i>
CAIDA BRUTA		<i>La caída bruta nominal es la que impulsa la operación de las turbinas, de esta depende la velocidad de giro de las turbinas instaladas en los proyectos.</i>
ALTURA AZUD	DE	<i>El Azud permite reconducir el agua de un río hacia un canal en una central hidroeléctrica, su peso está relacionado con la altura, es decir a mayor tamaño, mayor inversión de dinero.</i>
COSTO TOTAL		<i>Se penalizan los costos totales altos costos de inversión con pesos de selección bajos, y se impulsan los que representan los costos menores con pesos de selección altos.</i>

Fuente: Elaboración propia.

1.5.9. Descripción, Características técnicas y Ubicación de los posibles Proyectos a desarrollarse

En las siguientes tablas se observará un resumen completo de los principales proyectos que pueden implementarse y que se ubicarían en la provincia del Azuay cercanos a la ciudad de Cuenca, los nombres de los sectores y zonas físicas en las que se sitúan estos proyectos, las parroquias, ríos y un estudio en el que engloba los principales pesos como lo son: la vertiente de donde se obtendrá el potencial hídrico, la Potencia que suministrara la central, teniendo en cuenta el factor de planta, costos y si se encuentra o no en un área protegida, con el objetivo de calificar los proyectos como ejecutables y de aportación energética para la ciudad.

Teniendo en cuenta que la elección de estos proyectos es con el fin de incentivar el uso de fuentes de energía renovables que aporten energía limpia para la ciudad, siguiendo un método de metabolismo circular en el cual se busca reutilizar toda energía y convertirla en una potencia que impulse a la ciudad a una sostenibilidad y auto sustentabilidad energética y el buen vivir de la población.

Tabla 9. Descripción y Características técnicas del Proyecto Hidroeléctrico Rircay

PROYECTO HIDROELÉCTRICO RIRCAY (3,10 MW)		
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
<p><i>El proyecto Rircay fue identificado por el INECEL en los estudios de pequeñas centrales, como un proyecto hidroeléctrico de pequeña capacidad ($P_i < 5\text{MW}$), el proyecto tiene estudios y se incluyó en el Inventario de Recursos Energéticos.</i></p>	Río	Rircay
	Potencia (MW)	3,10
	Sistema Hidrográfico	Jubones
	Vertiente	Pacífico
	Provincia	Azuay
	Cantón	Girón
	Caída Bruta (m)	230,0
	Altura de la presa (m)	4,0
	Energía media estimada (GWh/año)	21,0
	Costo total aproximado	13,1
	Factor de Planta	77%

Fuente: Inventario de Recursos Energéticos (2015). Elaboración propia.

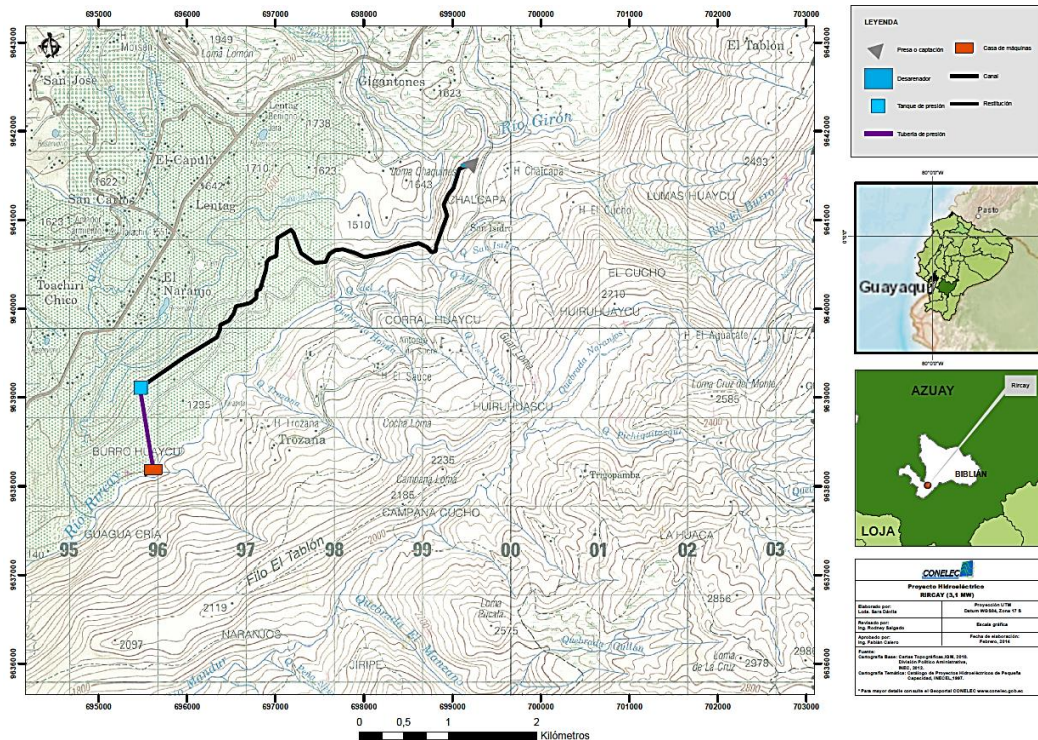


Figura 22. Mapa de Ubicación del Proyecto Hidroeléctrico Rircay

Fuente: Inventario de Recursos Energéticos (2015)

Tabla 10. Descripción y Características técnicas del Proyecto Hidroeléctrico Río Burro

PROYECTO HIDROELÉCTRICO RÍO BURRO (10,6 MW)		
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
<p>Este proyecto identificado por el INECEL y constituye una alternativa de aprovechamiento sobre el río del mismo nombre que pertenece a la cuenca del río Jubones, el proyecto forma parte de los estudios de centrales hidroeléctricas de mediana capacidad y se incluyó en el Inventario de Recursos Energéticos.</p> <p>La carretera pasa por esta zona es la Cuenca-Girón-Machala. Existe un sendero en el sector denominado Leocápac que pasa cerca de la captación. El acceso a la casa de máquinas se lo realiza desde este mismo sitio a una distancia de 1 Km.</p>	Río	El Burro
	Potencia (MW)	10,6
	Sistema Hidrográfico	Jubones
	Vertiente	Pacífico
	Provincia	Azuay
	Cantón	Girón
	Caída Bruta (m)	832,78
	Altura de la presa (m)	1,08
	Energía media estimada (GWh/año)	60,36
	Costo total aproximado	29,2
	Factor de Planta	65%

Fuente: Inventario de Recursos Energéticos (2015). Elaboración propia.

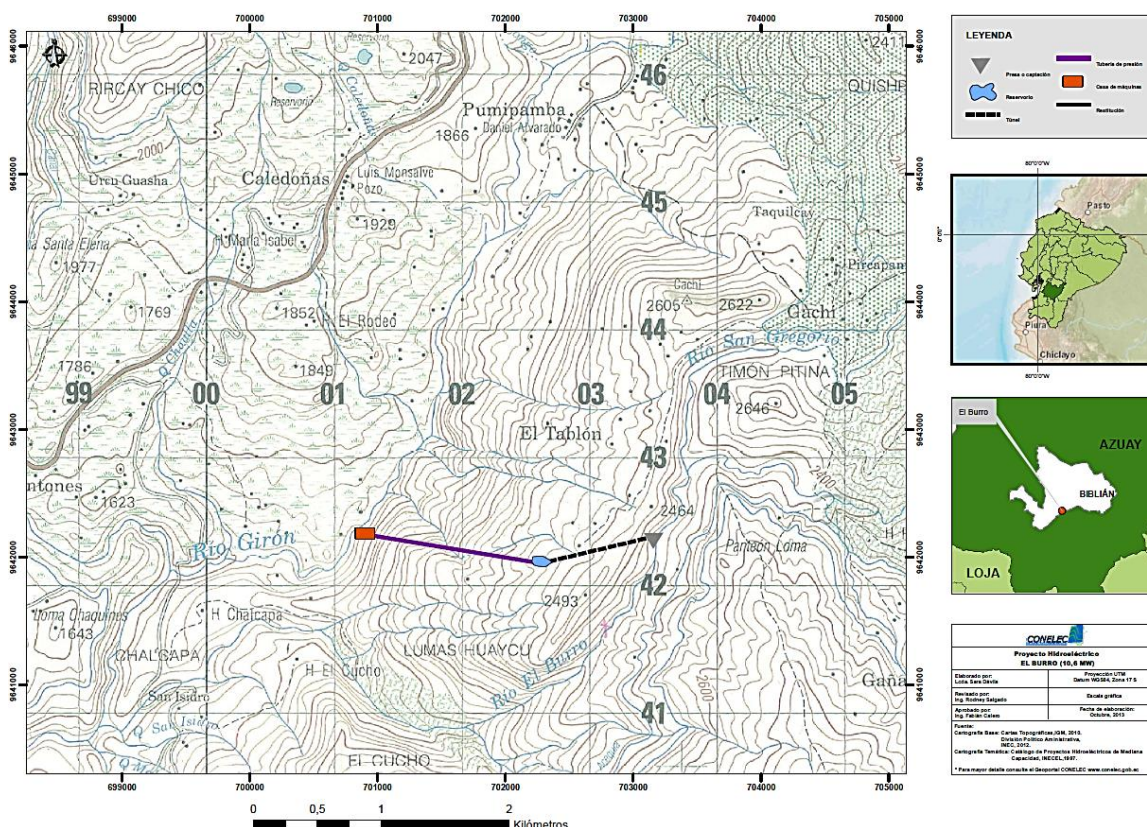


Figura 23. Mapa de Ubicación del Proyecto Hidroeléctrico Río Burro

Fuente: Inventario de Recursos Energéticos (2015)

Tabla 11. Descripción y Características técnicas del Proyecto Hidroeléctrico San Francisco II

PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN FRANCISCO (9,4 MW)		
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
<p><i>El proyecto San Francisco II fue identificado por el INECEL en los estudios de medianas centrales, como un proyecto hidroeléctrico de mediana capacidad (Pi = 5 a 50 MW), publicado por el instituto Ecuatoriano de electrificación y la Corporación Financiera Nacional (CFN), el proyecto tiene estudios y se incluyó en el Inventario de Recursos Energéticos.</i></p>	Río	San Francisco
	Potencia (MW)	9,4
	Sistema Hidrográfico	Jubones
	Vertiente	Pacífico
	Provincia	Azuay
	Cantón	Santa Isabel
	Caída Bruta (m)	505,7
	Altura de la presa (m)	2,3
	Energía media estimada (GWh/año)	53,5
	Costo total aproximado	27,6
	Factor de Planta	65%

Fuente: Inventario de Recursos Energéticos (2015). Elaboración propia.

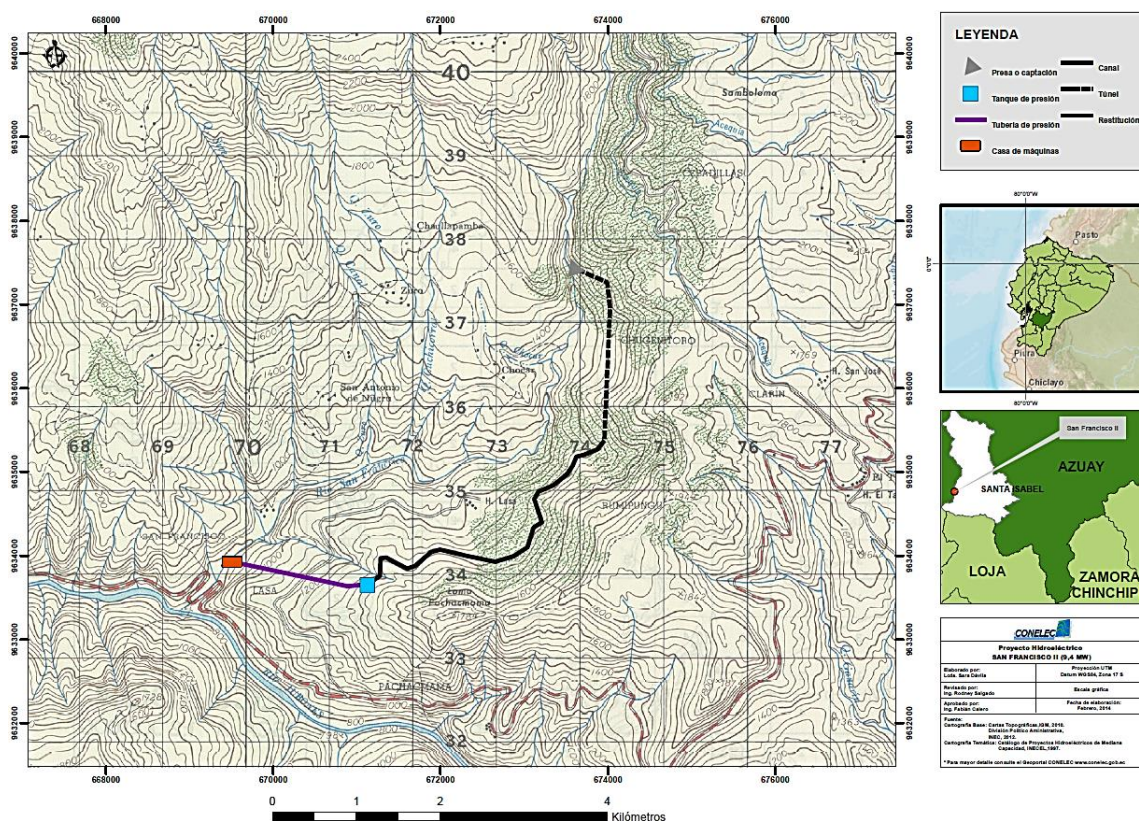


Figura 24. Mapa de Ubicación del Proyecto Hidroeléctrico San Francisco II

Fuente: Inventario de Recursos Energéticos (2015)

CAPÍTULO II

METABOLISMO URBANO CIRCULAR

2.1. Crecimiento Urbano

El crecimiento poblacional durante el siglo XX se ha mantenido en un continuo crecimiento debido al uso de los recursos fósiles, la expansión de las ciudades, los avances tecnológicos y el continuo crecimiento de las ciudades poblándose en cada territorio cada vez más por lo tanto el crecimiento demográfico se sigue manteniendo hasta convertirse en una fuerte tendencia global.

En 1950 el 30% de la población mundial vivía en espacios urbanos y en la actualidad se ha incrementado ese porcentaje al 54%; esperando que para el año 2050 la población urbana aumente 2.5 billones, llegando a un 66% de la población total, lo cual causa importantes modificaciones tanto en el tamaño de las ciudades y la distribución territorial y espacial de la población (Jaramillo & Barragán, 2017).

Al darse un crecimiento urbano nace el objetivo de priorizar el bienestar colectivo por encima de los intereses particulares para lograr un diseño del ámbito espacial donde se desenvuelvan las actividades sociales de las personas con un buen estilo de vida, para ello se debe tener una planificación donde en primer lugar se fijen objetivos principales como son: mejorar el nivel educativo de la población, la situación habitacional; analizando la situación; número de personas, edades, tamaño de las familias y realizando un diagnóstico, aplicando estrategias de acción donde se deben afrontar los problemas definidos e identificar los medios para lograrlo; en este caso al mejorar el estilo de vida de la población y brindando un servicio adecuado de los necesidades básicas requeridos por las personas se afrontara este tipo de adversidades enfocando desde ya a la población con el concepto de reutilización para introducir un cambio que engloba a toda la ciudad (Ducci, 2012).

Las tasas de crecimiento urbano en las diferentes regiones del mundo son mucho más altas; por ejemplo, en África y Asia se presenta el mayor crecimiento urbano del mundo seguido de América Latina, y según el reporte de la ONU (2014) en el 2007 la población urbana excedió a la población rural por primera vez y desde entonces la

población urbana ha ido creciendo constantemente mientras que la población rural tiende a decrecer suavemente.

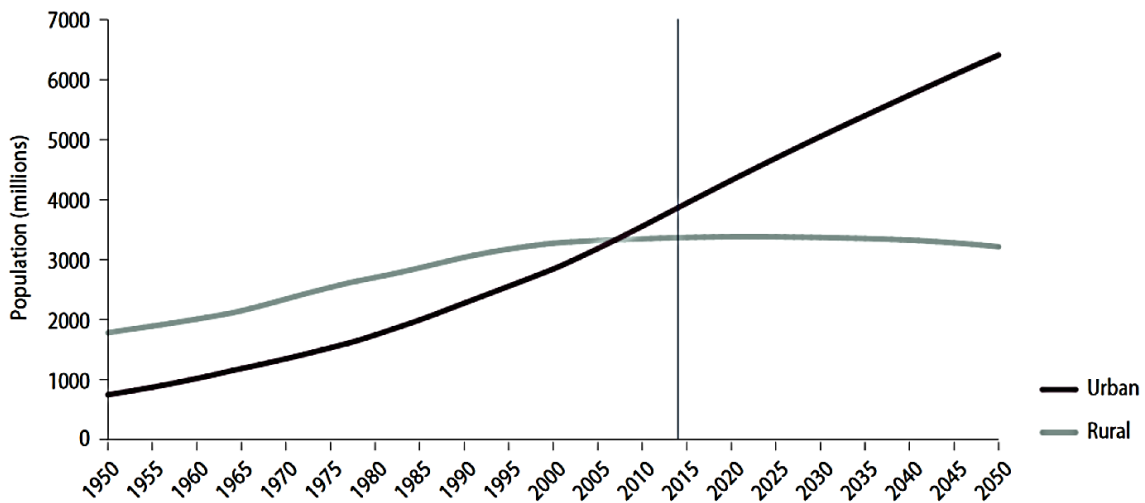


Figura 25. Población mundial rural y urbana 1950-2050

Fuente: (Jaramillo & Barragán, 2017)

Las ciudades no solo crecen en población sino también en número, cada vez existen más mega ciudades con miles y millones de habitantes las cuales representan grandes centros urbanos, por consiguiente también va a existir un crecimiento en la demanda de energía y materiales; las mismas que son construcciones de infraestructura urbana (edificios, residencias, redes viales, transporte urbano el cual es uno de los principales servicios que necesitan de recursos, tratamientos de aguas, entre otras) donde se utilizarán la mayor cantidad de materiales y recursos provenientes de la misma ciudad por lo que el aprovechamiento de los recursos y la utilización de nuevas fuentes de energía es primordial para la sostenibilidad de la ciudad.

La planificación urbana es una disciplina formada por un conjunto de ciencias técnicas y arte que tiene como meta la estructura urbana: zonificar, localizar y dosificar áreas y servicios en la forma más efectiva y económica posible; para este propósito se debe considerar aspectos geográficos, ecológicos, ambientales, sociales y políticos para resolver cualquier tipo de inconveniente de una manera integrada, al abarcar y relacionar todos los posibles enfoques, ya sean de planificación económica, familiar, agrícola, educacional, urbana, regional, entre otras (Ducci, 2012).

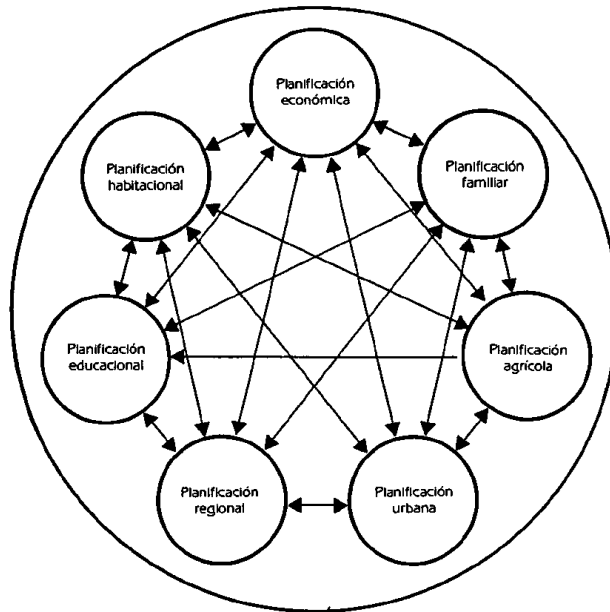


Figura 26. Planificación Integral

Fuente: (Ducci, 2012)

2.1.1. Crecimiento Urbano en Ecuador

El Ecuador es un país que tiene una población de 17.096 millones de habitantes según el último censo del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), y representa el 0,2% de la población mundial y el 2% de la población de América Latina; la tasa de crecimiento demográfico del último periodo intercensal es menor a la tasa que se presentaron en los periodos anteriores, sin embargo el crecimiento demográfico de la población del país es relativamente alto (Jaramillo & Barragán, 2017).

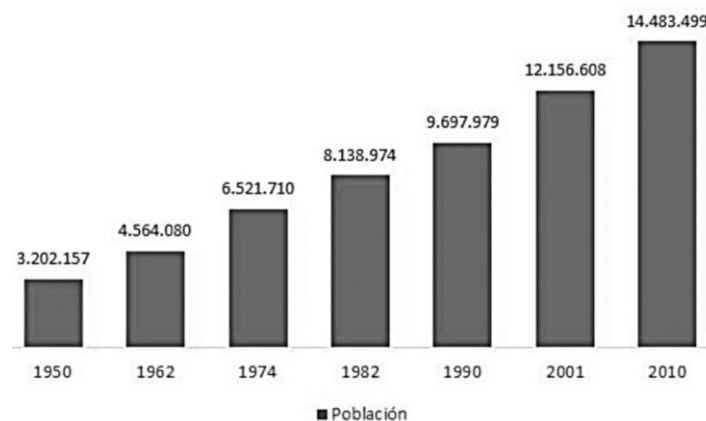


Figura 27. Crecimiento Demográfico del Ecuador

Fuente: (Jaramillo & Barragán, 2017)

Como se pudo observar en la ilustración 27 la población del país se ha ido incrementando en un 352% entre el periodo de 1950 y 2010 y actualmente la población del Ecuador sigue en un crecimiento constante y una tasa de crecimiento elevada (Jaramillo & Barragán, 2017).

Una país, una ciudad, no se definen por su tamaño sino por sus funciones, y en el Ecuador siete de cada 10 personas residen en zonas urbanas y 3 en localidades rurales; por lo que el porcentaje de la población urbana del país creció de 66.3% a 70.5%; porcentaje muy cercano al de América Latina (78%), ya que esta región es una de las más urbanizadas a nivel mundial (Jaramillo & Barragán, 2017).

Los espacios urbanos del país tan solo albergan el 28% de la población total, y la distribución de la población según el tamaño de los centros urbanos también se ven afectados por el crecimiento demográfico; los centros poblados con menos de 2500 habitantes disminuyeron, mientras que las urbes de 50.000 a 500.000 habitantes incrementaron, (SENPLADES, 2017), estableciendo claramente el problema de crecimiento urbano en el Ecuador por lo que se deben tomar acciones y aprovechar los recursos energéticos en el país para de alguna manera equilibrar la situación actual por la que está pasando el país utilizando nuevas fuentes de energía, implementando el uso de nuevas tecnologías y aplicando métodos de rendimiento y reutilización en el país y lograr minimizar las falencias al tener este crecimiento urbano en el País.

2.1.2. Crecimiento Urbano en Cuenca

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la población actual del cantón Cuenca es de 614,539 habitantes; la zona urbana del cantón alberga el 65.6% de la población, mientras que las zonas rurales se contabilizan 173,697 habitantes por lo que la población urbana supero a la población rural desde el año de 1984 y desde entonces el registro de habitantes en el área urbana de la ciudad ha ido incrementando constantemente (SENPLADES, 2017); en la siguiente ilustración se observa que el mayor registro de crecimiento de la población en la zona urbana del cantón fue el periodo entre 1990-2001, con una tasa promedio anual de crecimiento de 4.0%; mientras que en el periodo 2001-2010 se registró una tasa de crecimiento anual del 1.9% (Jaramillo & Barragán, 2017).

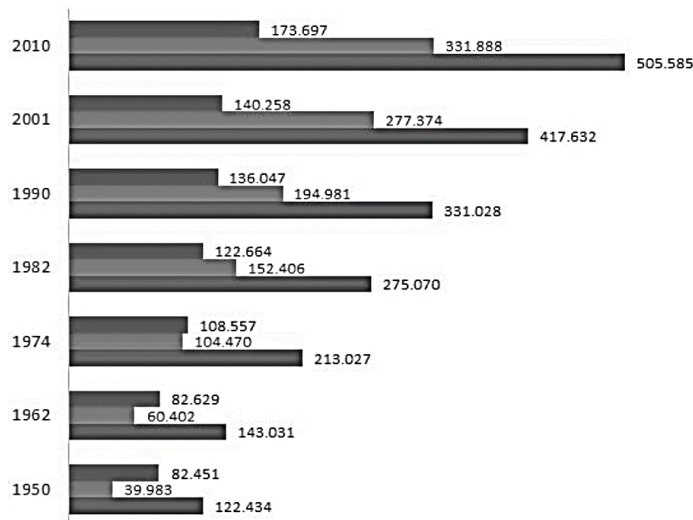


Figura 28. Crecimiento Demográfico del Cantón Cuenca

Fuente: (Jaramillo & Barragán, 2017)

Las proyecciones reportadas en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca indican un crecimiento de 772,08 habitantes en el año 2030 y se espera que el 63.16% de la población se traslade o este habitando en la ciudad, este porcentaje es menor al actual, ya que la tasa de crecimiento de la población rural es mayor que la del área urbana en el último periodo intercensal (Jaramillo & Barragán, 2017).

El área metropolitana de Cuenca incluye las ciudades de Azogues, Biblián y Deleg en la provincia de Cañar y las ciudades de Paute y Gualaceo en la provincia del Azuay; sin embargo la influencia de Cuenca en las áreas Cultural, Económica y Educativa se extiende a todas las ciudades en un estimado de 80 kilómetros alrededor (INEC, 2018).

Este proceso de crecimiento urbano tiene ciertas características o manifestaciones como: el aumento de la población urbana con respecto a la población total, se da una extensión física de las ciudades, la migración rural-urbana, cambio de forma de vida (mejores servicios, mayor variedad y consumo de productos), por lo que este proceso produce dos tipos de efectos (Ducci, 2012):

- a) **Intraurbanos:** corresponden a la concentración de actividades industriales, financieras, comerciales, culturales, políticas, administrativas y a un gigantesco aumento de las necesidades de vivienda y servicios básicos.

- b) Interurbanos:** la urbanización produce mayor dependencia entre las ciudades y entre cada ciudad y su región inmediata (si hay más gente y más industrias en la ciudad, esta necesita más alimentos y materia prima).

Además, el proceso de crecimiento urbano, produce ciertas ventajas y desventajas para la población y la ciudad las cuales se describen en la tabla 12:

Tabla 12. Ventajas y Desventajas del Crecimiento Urbano

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Permite el avance científico, tecnológico y cultural. • Facilita la industrialización • Reduce la presión demográfica sobre la tierra de labor por medio de la migración campo – ciudad. • Permite dar servicios de mejor calidad a mayor número de personas • Crea expectativas y eleva el nivel de aspiraciones de las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escasez de empleo, debido a una alta oferta de mano de obra superior a la que necesita la ciudad. • Costos de urbanización superiores a las posibilidades financieras de los países en desarrollo. (escasez de vivienda, servicio; aumenta a pesar de los esfuerzos de los gobiernos por disminuirla). • Problemas ecológicos (contaminación del aire, agua, ruido), problemas sociales (marginalidad), y político administrativo (dificultad de controlar el crecimiento de la población y no puede ser incorporada inmediatamente al proceso económico). • Mala distribución de los beneficios que brinda la ciudad.

Fuente: (Ducci, 2012). Elaboración Propia.

2.2. Impacto Ambiental Urbano en la Ciudad

Un ecosistema urbano se caracteriza por ser un sistema dinámico y estructurado por comunidades bióticas en el cual se intercambian materia y energía con el ambiente abiótico, por lo que el ecosistema natural mantiene un metabolismo cíclico y autorregulado, donde desde un punto ecológico se ha considerado a las ciudades como ecosistemas urbanos los mismos que se mantienen continuamente en modificación y son controlados por el hombre. De este concepto de ecosistema urbano el intercambio de materia y energía depende de la interacción de factores sociales, económicos, políticos y sobre todo ambientales por el hecho de que existen más consumidores que productores o un bajo aprovechamiento de la energía que se puede utilizar (Jaramillo & Barragán, 2017).

Debido a que los recursos que existen en el medio ambiente son explotados de una manera acelerada y sin un debido control y planeación los desechos se acumulan fácilmente alterando así el ciclo natural del ecosistema y creando desbalances e impactos ambientales de importancia en el entorno, teniendo en cuenta que en el ecosistema urbano el consumo de recursos, principalmente de la energía, está vinculado a las estructuras viales, al transporte, el nivel de tecnología que va creciendo rápidamente y el modelo de ciudad del cual dependa (Jaramillo & Barragán, 2017).

El ambiente de una ciudad se constituye por factores naturales que son las características de su medio cultural y también se constituye por factores culturales, que son aquellos producidos por el hombre, por esta razón la planificación, el aprovechamiento de recursos y el inducir a la población concepto de reutilización, metabolismo urbano circular es de suma importancia para prever el futuro de la ciudad, su crecimiento y necesidades, las mismas que siguen siendo más altas continuamente y buscar una estabilidad y solución a las circunstancias analizando estos factores (Ducci, 2012).

El deterioro ambiental en todos sus componentes es debido principalmente al crecimiento urbano, puesto que este factor es donde se da el mayor consumo de materiales y energía a nivel global y ocupan apenas el 3% del planeta, considerando el impacto físico que ocasionan las ciudades mediante los procesos ecológicos y ciclos biogeoquímicos, los mismo que pueden ser notablemente controlados utilizando métodos y modelos que induzcan a la reintegración de procesos naturales en los sistemas urbanos para incrementar la eficiencia en la utilización de los recursos naturales que se puedan encontrar y transformarlos en fuentes de energía que aporten al ciclo natural y mejorado de la ciudad (Jaramillo & Barragán, 2017).

Cerca del 80% de los materiales y recursos encontrados a nivel global son designados para el consumo de las ciudades, los mismos que deben ser transformados y elaborados en productos finales, que luego será utilizado en las distintas actividades socioeconómicas de la ciudad, permitiendo así mantener su calidad de vida y mejorando continuamente en la prestación de servicios necesarios para un buen vivir (Jaramillo & Barragán, 2017).

Los procesos de crecimiento urbano generan impactos negativos en el bienestar de sus habitantes, al incrementarse los niveles de contaminación, la generación de residuos, el consumo excesivo de agua y energía, la disminución de áreas verdes, los

cuales son algunos inconvenientes que afectan la calidad ambiental urbana, y con el objetivo de evaluar la calidad urbana de la ciudad de Cuenca se utilizó el índice de calidad ambiental (ICAU), adaptado a los valores establecidos por las normas locales y está compuesto por indicadores directos (calidad del aire, calidad del agua, superficie de área verde por habitante, porcentaje de población expuesta al ruido por encima de los niveles permisibles) e indirectos (consumo residencial de agua por habitante, cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en el relleno sanitario, espacio público efectivo). Esto determina que la calidad ambiental urbana para la ciudad de Cuenca es igual a 65,5 puntos que representa una alta calidad ambiental, los indicadores de consumo y niveles de exposición a contaminación expresan valores muy bajos de calidad debido al elevado consumo de recursos siendo problemas a futuro por la escasez de los mismos (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017).

Tabla 13. Matriz de referencia para la asignación de la calidad ambiental urbana en Cuenca

CALIDAD AMBIENTAL URBANA	PUNTAJE
Muy baja calidad ambiental	< a 20 puntos
Baja calidad ambiental	20,1 a 40 puntos
Media calidad ambiental	40,1 a 60 puntos
Alta calidad ambiental	60,1 a 80 puntos
Muy alta calidad ambiental	> a 80 puntos

Fuente: (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017). Elaboración propia

Al momento de realizar estas actividades de explotación de los recursos se generan importantes presiones e impactos sobre el medio ambiente alterando la cantidad y la calidad de los materiales y recursos disponibles.

En la ciudad de Cuenca, el municipio realiza monitoreo del aire mediante una gestión de monitoreo continuo de agentes contaminantes atmosféricos, cuyo rango de cobertura es de 4 Km de radio, siendo los contaminantes monitoreados: el material articulado (PM 2,5), el monóxido de carbono (CO), el ozono (O3), el dióxido de azufre (SO2), y el dióxido de nitrógeno (NO2). Donde los resultados de cada mes y de contaminantes son analizados por comparación con valores de referencia; siendo valores mayores a 300 con una calificación de 0 puntos; entre 201 y 300, 0,3; entre 101 y 200, 0,5; entre 51 y 100, 0,8; entre 0 y 50, 1 (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017).

$$ICA_{O_3} = \frac{I_{HI} - I_{Lo}}{BP_{HI} - BP_{Lo}} * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

ICA	COLOR	O3 8h ppb	O3 8h ppm	PM2.5 24 h ug/m3	PM2.5 1h ug/m3	CO 8h ppm	SO2 24h ppb	SO2 24h ppm	NO2 1h ppb	NO2 1h ppm
0 - 50	Verde	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		59,000	0,059	54,000	15,400	4,400	34,000	0,034	0,000	0,000
51 - 100	Amarillo	60,000	0,060	55,000	15,500	4,500	35,000	0,035	0,000	0,000
		75,000	0,075	154,000	40,400	9,400	144,000	0,144	0,000	0,000
101 - 150	Naranja	76,000	0,076	155,000	40,500	9,500	145,000	0,145	0,000	0,000
		95,000	0,095	254,000	65,400	12,400	224,000	0,224	0,000	0,000
151 - 200	Rojo	95,000	0,095	255,000	65,500	12,500	225,000	0,225	0,000	0,000
		115,000	0,115	354,000	150,400	15,400	304,000	0,304	0,000	0,000
201 - 300	Purpura	116,000	0,116	355,000	150,500	15,500	305,000	0,305	650,000	0,650
		374,000	0,374	424,000	250,400	30,400	604,000	0,604	1240,000	1,240
301 - 500	Marrón	-	-	425,000	250,500	30,500	605,000	0,605	1250,000	1,250
				604,000	500,400	50,400	1004,000	1,004	2040,000	2,040

Figura 29. Rangos de contaminantes ICA (Índice de contaminantes del aire)

Fuente: (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017)

De igual manera el porcentaje de la población urbana expuesta al ruido está por encima de los niveles permitidos, tanto diurnos como nocturnos superan estos límites siendo los más representativos los valores registrados en el centro histórico. En cuanto a la calidad del agua superficial en los ríos de la ciudad se obtuvo 9 sitios con buena calidad de agua y representa como calificación del indicador de 0,8. Los residuos sólidos en promedio producen 0,542 kg de residuos diarios y el espacio público efectivo por habitante es de 9,7 m²/hab lo cual representa un nivel efectivo (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017).

	Indicador	Resultado	Calificación
Directo	Superficie de área verde por habitante	6,4 m3/hab	0,8
	Calidad del aire	Entre 0 y 50	1
	Calidad de agua superficial	Entre 70 y 90	0,8
	Porcentaje de población urbana expuesta al ruido por encima de los niveles permisibles	> al 4% de la población urbana	0
	Valor total del indicador directo		45,5
Indirecto	Consumo residencial de agua por habitante	248 l/hab/día	0
	Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en el relleno sanitario	0,54	1
	Espacio público efectivo por habitante	9,7	1
	Valor total del indicador indirecto		20
	Indicador de calidad ambiental Cuenca		65,5

Figura 30. Matriz de resultados del indicador ambiental urbano para Cuenca

Fuente: (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017)

Otro de los aspectos ambientales más relevantes son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y se estima que las emisiones provenientes de las ciudades generan un aproximado del 70% a nivel global, debido a las diferentes actividades que desarrolla la ciudad, siendo el transporte público una de las causas principales de las emisiones contaminantes que afectan la salud pública, y los rellenos sanitarios que generan una cantidad importante de GEI en cuanto al gas metano cuyo potencial de efecto invernadero es 26 veces mayor que el dióxido de carbono, motivos por los que de manera que afecta al medio ambiente también hay que tratar de reutilizar estos residuos y transfórmalos en materia para generar la energía que necesita la ciudad (Jaramillo & Barragán, 2017).

2.3. Sustentabilidad y Sostenibilidad Urbana

Las formas de vida urbana de las medianas y grandes ciudades, en este caso de la ciudad de Cuenca presentan situaciones críticas que frenan el crecimiento económico, detienen el desarrollo, deterioran el ambiente, afectan la salud de sus residentes, reducen la oferta de bienes y servicios ambientales, y consumen una alta tasa de energía para sobrellevar la calidad de vida urbana necesaria. Estos son escenarios de presión que llevan a exceder los límites permisibles de homeostasis y adaptabilidad, por este motivo y con el fin de incentivar la sustentabilidad y competitividad de la ciudad el estudio del metabolismo urbano circular constituye en un esfuerzo técnico, político y económico que facilita el entendimiento de sus redes de abastecimiento de materiales, recursos y energía, al lograr la eficiencia y eficacia de sus procesos de transformación, así como la minimización del daño ambiental se sus desechos y convertirlos o reintegrarlos como aporte de generación de energía siendo un impulso para la sostenibilidad de la ciudad (Díaz, 2014).

Las urbe no tiene solo que lidiar con los impactos ambientales y el excesivo consumo de materiales, recursos y energía, puesto que también tienen que afrontar situaciones climáticas impredecibles provocadas por el calentamiento global, por este motivo para tener una fuerte sostenibilidad y sustentabilidad de la ciudad se debe seguir una planificación sustentable con medidas de mitigación y adaptación a este fenómeno climático (Jaramillo & Barragán, 2017).

Existen factores naturales y culturales que la ciudad debe aprovechar, controlar y analizar su utilización como lo son: el clima; tratar de conocer las condiciones meteorológicas que benefician y se pueden aprovechar para convertirlas en energía, los vientos, precipitaciones, insolación, lluvias abundantes, entre otras, conocer los

aspectos geológicos y geomorfológicos de la ciudad, la hidrografía, topografía; permitiendo el crecimiento urbano en las zonas más complicadas de la ciudad; el aprovechamiento de los suelos, tanto de manera espacial como el obtener los recursos necesarios. La vegetación, cuidando las zonas verdes e utilizando de una manera correcta los espacios que nos ofrece la ciudad. Y en cuanto a los factores culturales; distribuir correctamente los espacios de las estructuras urbanas (habitacional, industrial, comercial, recreativo y de circulación), y detectar problemas del asentamiento y plantear su reestructuración y futuro crecimiento. La vialidad debe tener una estructuración que beneficie a la ciudad con un buen diseño de las áreas de utilización y generar que el transporte público sea lo más eficiente posible permitiendo las mínimas de pérdidas de recursos y energía (Ducci, 2012).

La metodología ICES (Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles), utiliza una matriz de indicadores que cubren los 3 pilares de sostenibilidad en los que nos enfocamos (ambiental, urbana, y fiscal), estos datos se clasifican en un sistema de semáforos; verde, amarillo y rojo, de acuerdo si están en rangos aceptables para ciudades intermedias, en el caso de Cuenca se ha incorporado indicadores en las áreas de turismo, centro histórico y logística, concluyendo que Cuenca es una ciudad con una situación muy favorable donde el 56% de los indicadores están en verde, el 21% en amarillo, el 15% en rojo y el 8% no tiene información disponible. Estos valores son altos en comparación a los que se han establecido en otras ciudades y además Cuenca posee un gran sistema de recolección y sistematización de información (BID, 2013).

Tabla 14. Principales Indicadores en verde de la ciudad de Cuenca

Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excelentes niveles de cobertura: 98.6% de la población con recolección regular de residuos sólidos. ➤ Alto porcentaje de residuos sólidos de la ciudad utilizados como recurso energético: 86,6%
Energía	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excelentes niveles de cobertura (99,66% de hogares con conexiones eléctricas)
Agua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Adecuados niveles de cobertura: 96,1% de hogares con conexiones domiciliarias de agua
Saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alto porcentaje de hogares con acceso a servicio de saneamiento por alcantarillado 84,5%
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alto uso de transporte público: 46%
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baja tasa de homicidios por cada 100.000 habitantes: 6,7 8promedio de América Latina: 20)

Fuente: (BID, 2013)

2.4. El Metabolismo Urbano Circular (MUC)

El metabolismo urbano circular describe el intercambio de materiales y energía entre la ciudad y el entorno natural, con el objetivo de formar un ecosistema, economía y forma de vida en el que se introduzca un modelo circular urbano con el uso de los recursos, materiales y tecnología para generar energía, mediante la recolección de todos los residuos sólidos, para a partir de estos desechos generados obtener fuentes de energía, los resultados serían una emisión cero de contaminantes y desperdicios, buscando la mejor manera de aprovechar estos recursos (Torres, 2015).

(Jaramillo & Barragán, 2017), indican que el metabolismo de la ciudad se compara con el de un organismo vivo, argumentando que una ciudad consume recursos para mantener su dinámica y a la vez genera emisiones, efluentes y desechos, la diferencia esta que consume alimentos para sustentar su desarrollo, y desecha lo que no necesita, mientras que las ciudades consumen incluso más de lo que necesitan y generan desechos que la naturaleza es incapaz de procesar por esta razón existen los problemas ambientales que generan las grandes ciudades en cuanto a contaminación del aire, agua y suelo, pero también generan desechos y recursos que pueden ser aprovechados por el hombre y es ahí cuando entra el concepto de metabolismo circular en el que estos residuos y desechos tienen que ser aprovechados mediante tecnologías que están a nuestro alcance con el objetivo, además, de promover los recursos renovables y aplicar las tecnologías para generar fuentes de energía prima y transformarlas en este caso y para la ciudad de Cuenca en energía eléctrica buscando así la auto sustentabilidad de la ciudad.

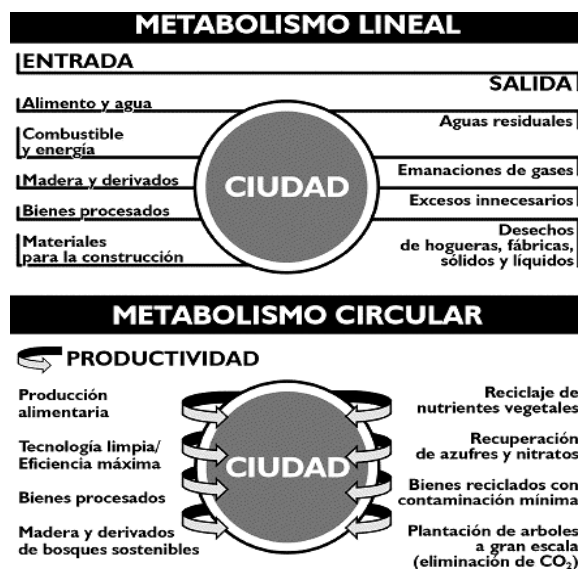


Figura 31. Esquema que describe el metabolismo urbano lineal y circular

Fuente: (Correa, Cuervo, & Romaña, 2018)

2.4.1. Metabolismo Social

El metabolismo social se define “cuando los seres humanos socialmente agrupados se apropian de materiales y energías de la naturaleza y finalmente cuando depositan sus desechos”, este proceso está conformado por 5 elementos los cuales es importante mencionarlos:

La apropiación, que es donde el hombre que interactúa con la naturaleza, se nutre de ella para saciar sus necesidades humanas, **la transformación**, requiere un trabajo y medios de producción que transforman la materia prima en una mercancía, **la circulación**, es cuando esta mercancía se integra al intercambio económico, **el consumo**, se define a partir de la relación que existe entre la necesidad del ser humano, social e históricamente determinados y las satisfactorias proporcionados por medio de los elementos anteriores, y, **la excreción**, la cual se refiere a todos los desechos que se produce en una ciudad al realizar los procesos antemencionados (Torres, 2015).

El metabolismo urbano se puede estudiar desde distintas escalas:

Regional: cuando el estudio se lleva a cabo a nivel regional donde es posible observar cada uno de los procesos del metabolismo urbano, esto provoca una mayor precisión y análisis de la situación urbana (Torres, 2015).

Social: el metabolismo se integra a un nuevo nivel de flujo y se define salida, ya interactúan más agentes y se requiere un mayor análisis de los procesos y procedimientos urbanos (Torres, 2015).

Global: nos permite un acercamiento a los procesos de metabolismo a nivel de un país.

2.4.2. El Modelo de Metabolismo Urbano Circular se acelera

Al analizar que el metabolismo urbano circular determina las exigencias de materias primas y el impacto que su uso tiene en la biosfera, es útil y es necesario que se interiorice este modelo en la ciudad, cada vez de una forma más aceptada, puesto que aporta soluciones que las ciudad requiere para mantener su organización, una entrada continua de materiales y energía, disminuir la explotación de los ecosistemas, aumentar los flujos de recursos naturales, una mejor organización del territorio, de movilidad, de residuos, entre otros, dependiendo de los flujos de información y modos

de organización para el aumento o disminución de la explotación de recursos (Correa, Cuervo, & Romaña, 2018).

El metabolismo urbano es una radiografía de las actividades realizadas dentro de una sociedad que permite determinar los problemas que enfrenta este sistema, con respecto a los recursos utilizados para la producción y aquellos que son desechados. También mide la eficiencia de las actividades económicas y tecnológicas necesarias para que una sociedad se desarrolle, crezca y produzca, analizando las gestiones a realizarse con el propósito de la reutilización de materiales y promoviendo un modelo de metabolismo urbano circular (Torres, 2015).

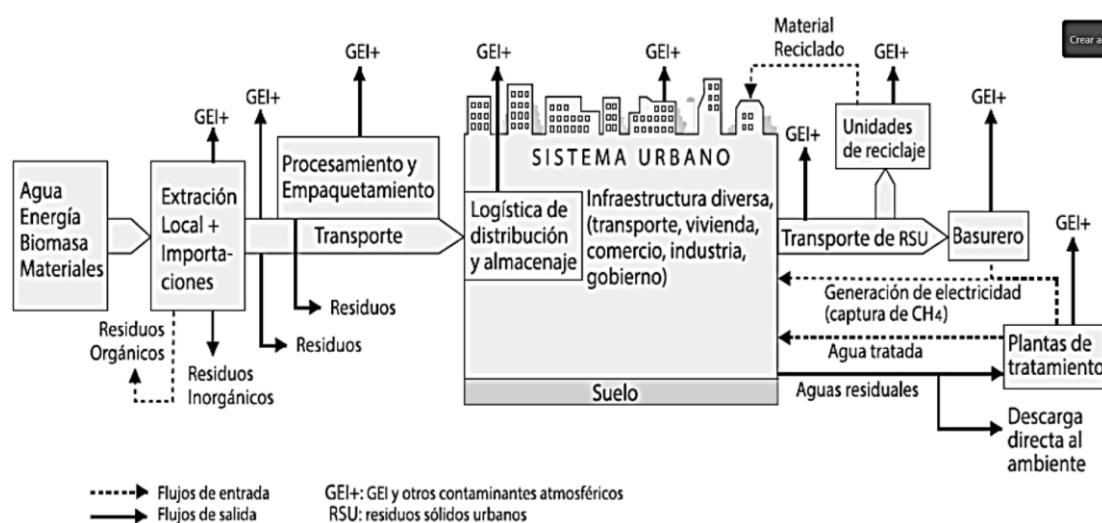


Figura 32. Esquema del metabolismo urbano, con distintas entradas y salidas.

Fuente: Metabolismo Urbano aplicado a la zona metropolitana (2015).

(Jaramillo & Barragán, 2017) dicen que se realizaron algunos estudios de MUC con diferentes enfoques y metodologías incluyendo aspectos (sociales, salud, educación, empleo), donde al aplicar este modelo se promueve la sustentabilidad de las ciudades, definiendo desde otro punto de vista al MUC como “la suma de todos los procesos técnicos y socioeconómicos que ocurren en las ciudades, resultando en crecimiento, producción de energía y eliminación de residuos”.

El metabolismo urbano también se considera un medio para cuantificar la cantidad de entradas extraídas de la tierra para uso urbano así como los impactos físicos de las ciudades, este concepto promueve que se identifique y analice los flujos de materiales y energía en tiempo real, mediante datos temporales y espaciales donde las fuentes de información serían sensores y dispositivos avanzados tecnológicamente para una mejor

gestión de datos metabólicos y nos permita entender la dinámica real y continua de los flujos de materia y energía a escala urbana (Jaramillo & Barragán, 2017).

Al analizar los múltiples conceptos de metabolismo urbano nos muestra que muchas de la veces se lo determina de una manera lineal, esto quiere decir que los desechos que produce una sociedad no regresan al sistema productivo, y es el punto clave por el cual se incentiva y se recomienda hacer un sistema metabólico circular que permita la reutilización de todos los desechos que son producidos por la sociedad y transfórmalos para que sean fuentes de energía y promover la sostenibilidad propia de la ciudad (Torres, 2015).

2.5. Formas y Procedimientos para determinar el MUC

En las ciudades es indispensable desarrollar un diseño de muestreo y monitoreo tomando en cuenta los principales indicadores mediante los cuales se puede determinar un adecuado uso de un modelo de metabolismo circular y reportar de manera periódica para establecer una metodología que pueda ser usada en los próximos años tomando en cuenta el aumento de la población y el crecimiento de la necesidad de recursos (Orellana, Sellers, & Martinez, 2017).

Según (Jaramillo & Barragán, 2017), los primeros estudios de metabolismo urbano fueron desarrollados en torno a dos métodos: el balance de masas, donde se trata de la contabilización de los flujos de materia, regido al principio de que la materia no solo se destruye, solo se transforma, y el método “emergy” de Odum, que se encarga de medir los flujos metabólicos generados por la energía directa e indirectamente para transformar materia en productos o servicios, intentando demostrar que un análisis de flujos de materiales y energía es un método importante para determinar y definir los procesos urbanos.

La elección del mejor método para determinar el metabolismo urbano es de mucha importancia ya que nos permitirá conocer y comprender de una manera íntegra el funcionamiento de una ciudad, teniendo en cuenta indicadores de selección con el fin relacionar entre todos los componentes del sistema urbano incluyendo patrones sociales y urbanísticos tales como calidad urbana, estilo de vida, salud pública, accesibilidad vial, oportunidades de empleo, diseño urbano entre otros (Jaramillo & Barragán, 2017).

Para la ciudad de Cuenca se deben considerar la metodología de los flujos de materiales y energía, pues no solo se trata de determinar las entradas y salidas de recursos y materiales de la urbe, sino identificar qué información no está disponible para tener un entendimiento completo de los flujos totales que podemos analizar de la ciudad.

Tabla 15. Principales métodos para medir el Metabolismo urbano

METODO	MERITOS	INCONVENIENTES
<i>Análisis del flujo de materiales</i>	<i>Mide los flujos entrantes y salientes de los materiales de una ciudad, es una herramienta efectiva para la gestión de recursos naturales</i>	<i>No toma en cuenta la importancia y calidad de diferentes materiales, ignora flujos energéticos a través de los procesos metabólicos,</i>
<i>Emergy (análisis del flujo de energía)</i>	<i>Este método garantiza que la energía que se destina a la creación y flujo de materiales sea considerada.</i>	<i>La transformación de energía debe ser definida por todos los flujos y los métodos para contabilizar los residuos que no han sido unificados.</i>
<i>Análisis de la huella ecológica</i>	<i>Combina las demandas del desarrollo socioeconómico con la capacidad de las reservas naturales permitiendo saber el déficit o superávit ecológico.</i>	<i>El criterio para seleccionar el área de recursos ecológicos no han sido unificados y se basa en una descripción incompleta de los recursos ofertados y eliminación de residuos por el sistema natural.</i>

Fuente: Estudios de Metabolismo Urbano en la ciudad de Cuenca (2017). Elaboración propia.

2.5.1. Indicadores de Metabolismo Urbano Circular

El análisis de un modelo de metabolismo urbano se debe realizar a partir de indicadores cuantitativos, referidos a temáticas claves con el objetivo de la selección del mejor modelo; estos indicadores ser considerados con suma importancia al momento de analizar cada uno de ellos (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017).

- En relación a los residuos sólidos, se debe contemplar su producción y los mecanismo y procesos de recolección, eliminación, separación y recuperación de materiales (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017).

Tabla 16. Indicadores de Residuos sólidos

TEMA	INDICADOR
Recolección de residuos sólidos	Porcentaje de la población de la ciudad con recolección regular de residuos sólidos
Generación de residuos sólidos	Volumen de residuos sólidos domiciliarios producidos por día en temporada baja, estival (toneladas)
Eliminación final adecuada de residuos sólidos	Capacidad del relleno sanitario (m ³)
	Vida remanente del predio en el cual está instalado el relleno sanitario (años)
Tratamiento de residuos sólidos	Porcentaje de residuos sólidos municipales de la ciudad que son separados y clasificados en hogares para reciclado
	Existencia de puntos de acopio para material reciclable/recuperable
	Porcentaje de residuos de sólidos de la ciudad que son recuperados

Fuente: (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017). Elaboración propia

- Respecto al ciclo del agua, es necesario determinar el acceso a redes de agua potable en las zonas que la ciudad lo necesite, el consumo y el impacto producido por la actividad diaria, y el sistema de saneamiento de la ciudad (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017).

Tabla 17. Indicadores del ciclo del agua

TEMA	INDICADOR
Cobertura de agua	Porcentaje de hogares con conexiones domiciliarias a la red de agua de la ciudad
Consumo de agua	Consumo de agua diario durante temporada baja (en litros)
	Consumo de agua diario durante temporada estival (en litros)
Cobertura de saneamiento	Porcentaje de hogares con conexión domiciliaria al sistema de cloacas

Fuente: (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017). Elaboración propia

- En la parte energética, se debe tener pendiente la cobertura de la red eléctrica a la ciudad que el servicio sea el mejor, el consumo de energía y el impacto producido por la actividad diaria de consumo así como el fomento y aprovechamiento de la energía primaria y los recursos necesarios para la utilización de energía renovables y no contaminantes para las actividades urbanas (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017).

Tabla 18. Indicadores del ciclo Energético.

TEMA	INDICADOR
Cobertura energética	Cantidad de medidores con conexión a la red eléctrica
Consumo energético	Pico de potencia durante temporada baja (megas)
	Pico de potencia durante temporada estival (megas)
Energía alternativa y renovable	Porcentaje de energía renovable sobre el total de generación energética

Fuente: (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017). Elaboración propia

- El ciclo del aire, examinar la contaminación atmosférica producto de las emisiones de transporte y el efecto asociados a la contaminación por el calentamiento global, tener en cuenta también los aspectos físicos de los espacios verdes en áreas centrales tomando en cuenta el índice de motorización de la ciudad y la superficie de espacios verdes públicos (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017).

Tabla 19. Indicadores del ciclo del aire

TEMA	INDICADOR
Áreas verdes y de recreación	Superficie de áreas verdes públicas por habitante (m ²)
Índice de motorización	Numero de autos por número de habitantes
	Emisiones de CO ² de automóviles por año (toneladas)

Fuente: (Testa, Bertoni, & Maffioni, 2017). Elaboración propia

Entre otros indicadores relacionados con el metabolismo urbano se tienen:

- **Autogeneración energética de las viviendas:** dotar a los edificios residenciales de captadores de energías (térmicas y fotovoltaicas) para disminuir la dependencia procedente de fuentes energéticas no renovables.
- **Autosuficiencia hídrica:** optimización de la demanda de agua doméstica, publica y comercial a partir de medidas de ahorro en hogares.

- **Minimización de los sistemas de recogida en el espacio público.**
Residuos sólidos urbanos.
- **Minimización y recuperación de los residuos generados en la construcción y demolición:** redefinir políticas de gestión de residuos para conseguir residuos cero.
- **Uso de materiales reutilizados, reciclados y renovables:** fomentar el uso de áridos reciclados.
- **Reserva de espacios para los procesos de auto compostaje:** transformar residuos orgánicos en recursos que puedan ser fuente de energía.
- **Reserva de espacios para la instalación de puntos limpios:** establecer modelos de gestión idóneos según las características de la zona.
- **Nivel sonoro:** control de variables de entorno, capacidad y tratamiento ambiental y planes de calmado de tráfico y seguridad en la vías (Metabolismo Urbano, 2010).

2.5.2. Análisis de Flujo de Materiales y Flujo de Energía

El análisis de flujos de materiales y energía se realiza para comprender de mejor manera los flujos metabólicos del sistema urbano, lo cual nos permite hacer una estimación de la energía y materiales consumidos, almacenados y desechados ya sea en forma de residuos o pérdidas energéticas, por lo que el comportamiento de estos flujos se ha reflejado en crecimiento económicos, poblacional y desde un punto de vista ambiental, en polución, además que nos permite entender la variedad de fenómenos socioeconómicos que suceden dentro de la ciudad (Jaramillo & Barragán, 2017).

(Jaramillo & Barragán, 2017) nos dice que para complementar el análisis de energía y el estudio de obtención de las fuentes primarias de recursos de debe realizar un análisis de flujo de materiales (AFM), que es un estudio sistemático de los flujos y materiales dentro de un sistema definido en tiempo y espacio. Este análisis permitirá gestionar los recursos, residuos y el medio ambiente, además de la identificación de las fuentes de recursos y las cargas ambientales en el sistema. Este análisis está definido en tiempo y espacio; al tener un análisis previo en cuanto a la disponibilidad de datos, el periodo adecuado para el balance, el tiempo de almacenamiento o permanencia de los materiales y por otro lado la definición del espacio en el sistema puede ser los límites políticos o geográficos de la región.

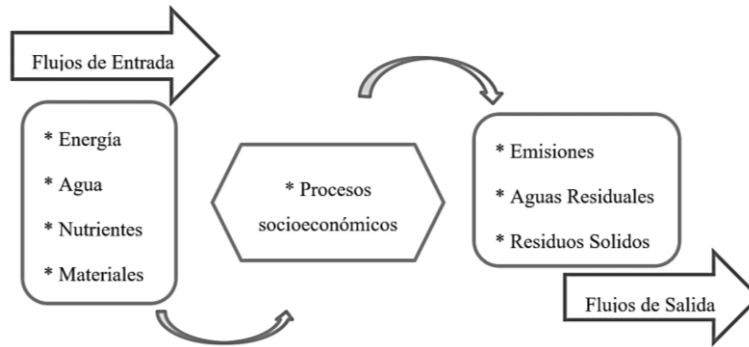


Figura 33. Flujos de entrada y Salida en el sistema Urbano

Fuente: Elaboración propia

2.6. Utilidad del Metabolismo Urbano Circular

El metabolismo urbano es una herramienta fundamental que ha sido de vital importancia en el estudio de distintas disciplinas con una perspectiva ecológica, puesto que para lograr el desarrollo urbano desde un punto ambientalmente bueno se necesita de este modelo, así se puede entender el funcionamiento de un sistema urbano y gestionar y aprovechar cada componente metabólico de una ciudad permitiendo minimizar la degradación ambiental y poder tener una ciudad más sostenible y encaminada a la auto sustentabilidad (Jaramillo & Barragán, 2017).

De acuerdo a (Saumeth & Niño, 2016) el metabolismo urbano puede ser utilizado para alcanzar objetivos como la evolución de materiales y flujos de energía en la ciudad, minimizar las emisiones de gases y efecto invernadero y todo tipo de contaminantes para el medio ambiente, identificar los factores que determinen el uso de materiales y energía en la ciudad para apoyar decisiones de política pública, apoyar con el tratamiento de aguas residuales, la escasez de recursos, entre otros, utilizando diferentes técnicas que permitan identificar las relaciones entre diferentes componentes de un ecosistema urbano y los efectos que tienen sobre el sistema natural y construido.

De manera que (Jaramillo & Barragán, 2017), nos dice que las aplicaciones del metabolismo urbano circular se pueden categorizar en 4 campos:

- **Indicadores de sustentabilidad:** donde se busca conocer el grado de sustentabilidad de la ciudad mediante: la eficiencia energética, ciclos de la materia, gestión de residuos e infraestructura en el sistema urbano.
- **Contabilización de emisiones GEI:** mientras la ciudad siga creciendo la emisión de gases de efecto invernadero va a seguir aumentando esto

disminuye la calidad de vida por lo que reducir estas emisiones es primordial y el metabolismo urbano contabiliza las emisiones producto de la combustión e incluso emisiones de otros procesos metabólicos que no pertenecen al sistema urbano.

- **Modelos matemáticos para análisis en políticas:** las mediciones que realiza el metabolismo urbano son útiles para desarrollar procedimientos basados en el análisis del flujo de materiales y de este modo poder simular los cambios metabólicos de ciertos componentes del sistema urbano, de manera que encaminen al desarrollo urbanístico de una manera sustentable.
- **Diseño Urbano:** el diseño de nuevas infraestructuras de aguas servidas para reutilizarlas, sistemas de transporte eficiente, energía alternativa, entre otros, son resultado del mejoramiento de los flujos de materiales y energía en el diseño urbano.

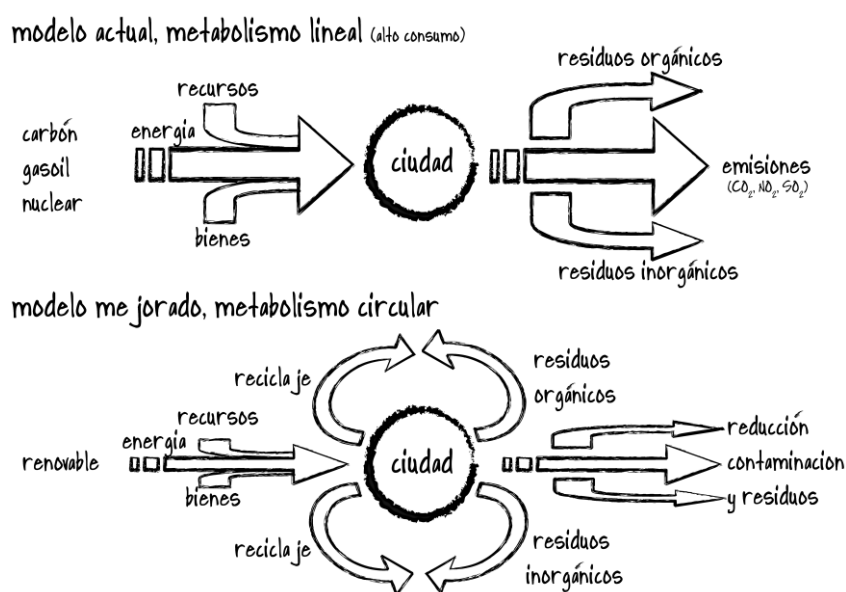


Figura 34. Esquema del metabolismo lineal y el metabolismo Circular aplicados

Fuente: (Batzolades, 2011)

Así pues, el objetivo del metabolismo urbano es aplicar los indicadores y realizar las intervenciones necesarias en la ciudad para buscar así la auto sustentabilidad de la misma y conseguir mejorar la calidad del medio y de sus habitantes. Definir y aprovechar los recursos, materiales y energía, y reintegrar bienes, residuos que generen energía, así como eliminar las emisiones y contaminantes en el interior de las ciudades para saber la capacidad de autosuficiencia de la misma y por lo tanto haciéndola más

sostenible. Sin embargo para que la ciudad crezca y pueda ser sostenible a la par que autosuficiente, hay que empezar aplicando este modelo de metabolismo urbano circular siendo este un modelo cerrado, donde la misma ciudad pueda ser capaz de equilibrar el balance entre entradas y salidas de materiales y recursos convirtiendo estos en fuentes de energía para apoyo de la ciudad (Batzolades, 2011).

Específicamente al tener este cambio de mentalidad y aplicando el uso de tecnologías de energía renovables utilizar estos recursos y generar, específicamente para la ciudad de Cuenca energía eléctrica con el objetivo de auto sustentar a la ciudad, además de la implementación de proyectos hidroeléctricos que aporten energía limpia y basada en un modelo de metabolismo circular que complementa y asevera que este tipo de cambio aplicado va a ser de gran aporte para la misma.

2.7. Restricciones del Metabolismo Urbano Circular

El análisis completo del metabolismo urbano de una ciudad es casi imposible de realizar según lo afirman varios autores, pues el conocer todos las entradas y salidas de los flujos metabólicos, las respectivas fuentes, permanencia de los flujos en el sistema urbano y la disposición final de residuos, es muy complicado tener una idea exacta, así como es difícil identificar y evaluar los impactos ambientales generados por la utilización y desecho de los materiales o sustancias particulares contaminantes a través de una cadena de suministro en un ecosistema complejo y dinámico (Jaramillo & Barragán, 2017).

(Saumeth & Niño, 2016), señalan que los principales retos a la hora de realizar las mediciones de metabolismo urbano o aplicar este modelo, ya sea general o particular para materiales, recursos o identificación de fuentes de energía, es la disponibilidad de datos e información y el grado de confiabilidad de las estadísticas disponibles a nivel local, teniendo en cuenta que es imposible evaluar completamente el metabolismo urbano en las ciudades presentes en los mercados globales, y su sostenibilidad y crecimiento depende de recursos disponibles en otras zonas de la ciudad, así solo un análisis metabólico sería completo si fuera capaz de identificar las relaciones complejas que se dan en la ciudad como un sistema en la que se describan por completo los orígenes y destinos de los recursos, bienes producidos, administración de residuos y sobre todo la identificación de recursos y materiales que puedan utilizarse como fuentes de energía y mediante tecnologías de energía renovable buscar un aporte energético para la ciudad y promover la sustentabilidad de la ciudad.

Diversos autores han analizado los principales flujos de un solo material o elemento dentro del metabolismo urbano como el agua, la energía, el cobre, el nitrógeno, emisiones de carbono, con el propósito de determinar los principales aportes que generan cada uno de ellos para fomentar el metabolismo urbano en una ciudad. En la actualidad la falta de inclusión de instancias y mecanismos de carácter no material (instituciones, sistemas simbólicos, reglas jurídicas, entre otras), serán las encargadas de incentivar a la población a introducir este modelo de metabolismo urbano circular en el diario vivir de los habitantes, y pese a las falencias este modelo es muy valioso como herramienta que permite una aproximación la comprensión de los flujos de entrada, flujos internos y de salida que genera la ciudad, además, estas actividades generaran insumos importantes a la hora de intervenir y planificar en el desarrollo y crecimiento de la misma (Saumeth & Niño, 2016).

El análisis y estudio de un Metabolismo Urbano Circular requiere de la recolección de información a nivel local, nacional o regional, dependiendo de la zona que se necesita abarcar, en el caso de la ciudad de Cuenca, se necesita identificar todo tipo de datos que se puedan recopilar, aunque a menudo obtener esta información es difícil por la privacidad y confidencialidad de las empresas privadas e incluso de las instituciones públicas, lo cual no nos permite conseguir esta información, ya que es sumamente importante para cualquier análisis de flujos de material y recursos lo cual sería una limitación clara para aplicar un modelo de metabolismo circular, por otro lado la falta de datos a escala urbana también es un limitante ya que se requiere de extensas bases de datos que nos permitan realizar un diagnóstico en el cual se correlacione la dinámica demográfica, actividades socioeconómicas y la situación espacial (Jaramillo & Barragán, 2017).

(Jaramillo & Barragán, 2017), menciona además cuatro obstáculos más comunes que se presentan en un estudio y aplicación de un Metabolismo Urbano:

- Falta de datos a escala urbana
- El gran número de fuentes de información que se necesitan para el estudio y aplicación del MUC
- Limitados estudios sobre la evolución del metabolismo urbano en una ciudad
- Dificultad en la identificación de las relaciones causa y efecto

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS Y RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES

3.1. Importancia de la Energía Eléctrica

La energía eléctrica es una fuerza vital en las sociedades, puesto que del desarrollo y la obtención de la misma se obtienen diferentes aplicaciones y usos en los diversos sectores de la economía de la ciudad como son el residencial, comercial, industrial vialidad y transporte. En la ciudad los usos principales de la energía son la iluminación, climatización, la obtención y preparación de alimentos, fuerza para el desarrollo motriz, el funcionamiento de comercios, fabricas, un servicio adecuado de transporte, sistemas de informática, comunicaciones, entre otros, siendo el objetivo primordial de los servicios de la energía el asegurar un suministro de energía de manera confiable y al mejor costo posible para los usuarios finales. Para esto se necesita optimizar la calidad del servicio y a través de redes el usuario recibe la energía a partir de diferentes fuentes de energía primaria la cual a través de sus centros de transformación se convierte en energía útil y eficiente para los habitantes de la ciudad (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

La población requiere de la energía para mantener su calidad de vida, por ello se considera que es un componente indispensable para la sociedad actual, dado que el uso excesivo de combustibles y de energía son causantes de contaminación, provocando un deterioro de la vida de un ecosistema, es necesario fomentar y generar el uso de energías que no causen daño al medioambiente y obtener fuentes de energía primarias renovables y al alcance en nuestra ciudad, implementando enfoques de sostenibilidad (Abad, 2017).

La alternativa a implementar es la integración de energías renovables en la ciudad, reduciéndose la necesidad de depender de fuentes de energía externas tratando de alcanzar un estándar de comunidades energéticamente auto sustentables. Las redes inteligentes alimentadas por fuentes energéticas renovables pueden contribuir efectivamente con demandas energéticas, sin embargo, la mayor demanda urbana está asociada al transporte, siendo la mejor alternativa en este escenario medios de transporte eléctricos que permitan reducir las emisiones y contaminación urbana, siempre y cuando la energía eléctrica provenga de fuentes renovables no contaminantes(Zalamea, Barragán, & Mendez, 2017).

3.1.1. Generación de Energía a partir de Fuentes Renovables

El uso de energías renovables en el sector eléctrico constituye un medio para minimizar emisiones no solo de gases de efecto invernadero, sino también de contaminantes comunes del aire; pues estas energías constituyen el camino a seguir para alcanzar el desarrollo sustentable del sector.

Producción	Tipo de Tecnología de Generación	Energía Producida	
		(GWh)	(GWh)
A partir de Fuentes de Energía Renovable	Hidráulica	15.589,69	16.202,20
	Eólica	83,96	
	Solar	38,75	
	Biomasa	476,52	
A partir de Fuentes de Energía No Renovable	Térmica MCI	6.303,52	10.870,41
	Térmica Turbogás	2.762,20	
	Térmica Turbovapor	1.804,69	
Total Producción Nacional:			27.072,62

Figura 35. Producción nacional de energía por tipo de tecnología de generación

Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2016)

El valor obtenido a partir de fuentes de energía renovable fue del 49,18% para el 2014 y para el 2016 del 59,85%, lo cual muestra con claridad que la generación eléctrica en el Ecuador tiene una participación importante de generación renovable; el desarrollo sustentable del sector, está asociado a incrementar y diversificar el uso de fuentes energéticas renovables, considerando que existe el potencial riesgo de que los combustibles de origen fósil no estén disponibles para las generaciones futuras o que su uso sea limitado.

El uso de energías renovables en el sector eléctrico constituye un medio para minimizar emisiones no solo de gases de efecto invernadero, sino también de contaminantes comunes del aire; pues estas energías constituyen el camino a seguir para alcanzar el desarrollo sustentable del sector (ARCONEL, PME, 2017).

3.2. Fuentes de Energías Renovables

La energía se encuentra en diferentes fuentes primarias y es producida, aprovechada y almacenada de distintas formas. Las fuentes de obtención de la misma pueden ser primarias o secundarias dependiendo si se puede obtener la energía directamente o si es necesario recurrir a otra fuente (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Las fuentes de energía primaria se pueden catalogar considerando la disponibilidad de recursos a largo plazo y estas son las No renovables que provienen de las fuentes de energía fósiles como lo son el petróleo, gas, carbón, así como también las fuentes de origen mineral (nuclear), siendo estas fuentes que pueden ser sustituidos en la naturaleza, pero su generación lleva de mucho tiempo y por esta razón no puede desempeñar un papel para su uso sostenible y los requerimientos diarios de energía que requiere la ciudad y sus habitantes. Por otro lado están las energías renovables que provienen de fuentes que renuevan su energía de forma natural como lo son la hidroenergía, solar, eólica, biomasa, geotermia, mares, entre otras (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

La aplicación de al obtener estas fuentes de energía según los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), es motivar a las personas que acepten los cambios pasando por un estado de transición logrando de esta manera tener un mundo más sostenible, pretendiendo equilibrar e integrar las tres dimensiones del desarrollo sostenible: social, económico y ambiental. Esto incluye nuevos alcances como: el cambio climático, desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz y la justicia entre otras prioridades, además cuenta con metas claras que se pueden adaptar a todos los países y ciudades en desarrollo de acuerdo a sus desafíos y prioridades ambientales (Abad, 2017).

Bajo esta perspectiva y aprovechando las fuentes primarias de energía renovable se pretende obtener:

- Energía asequible y no contaminante
- Industria, innovación e infraestructura
- Ciudades y comunidades sostenibles



Figura 36. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: (Abad, 2017)

3.2.1. *Energía No Renovable*

Los combustibles fósiles son las principales fuentes de energía No renovable, esto es los restos de bosques, animales muertos y materia orgánica como algas, esporas y plantas acuáticas, acumuladas millones de años bajo grandes capas de tierra a altas presiones y temperaturas las misma que fueron descomponiéndose mediante la acción de microorganismos anaerobios y han dado lugar a la formación de carbón , petróleo y gas natural , dependiendo de la clase de material descompuesto, las condiciones en que se ha producido y el tiempo transcurrido (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

El carbón se ha formado en medio ácido y saturado de agua a partir principalmente de materia vegetal, se caracteriza principalmente por su contenido de azufre siendo una fuente energética del periodo industrial y tiene una emisión de CO² muy elevada siendo causante de la denominada lluvia ácido y la causa de daños significativos al medio ambiente (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Las formaciones de petróleo son debido al sedimento marino o grandes lagos acumulados a gran profundidad y sometido a altas temperaturas, el petróleo es una fuente energética siendo actualmente la fuente primaria a nivel mundial y el agotamiento de sus reservas se encuentra cercano y la variación de su precio y acaparamiento de los países productores genera tensiones a nivel mundial afectando la economía del planeta además de sus aspectos contaminantes en los procesos de producción, transporte y consumo (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Por otro lado, el gas natural es un combustible fósil más limpio generando menor cantidad de emisiones de CO², teniendo un rendimiento energético elevado produciendo energía con menor cantidad de combustible, considerándose dentro de su condición de fuente no renovable el más sostenible hasta la total implantación de las energías renovables(Jaramillo & Barragán, 2017).

Para la producción de energía eléctrica se pueden utilizar otros tipos de fuentes de energía no renovables como son el uranio y el plutonio, los mismo que son radioactivos y escasos, la energía eléctrica se obtiene a través de la fisión nuclear lo que genera residuos radioactivos lo cual representa grandes riesgos y genera rechazos sociales puesto que afecta a la integridad salud y bienestar de los seres humanos. Todos estos tipos de fuentes de energía se están agotando al paso de los años y el desarrollo de los países a este ligado al consumo y producción mediante este tipo de fuentes de energía por lo que el modelo energético actual es inseguro y la utilización de fuentes de energía renovable es primordial para la sostenibilidad energética actual.

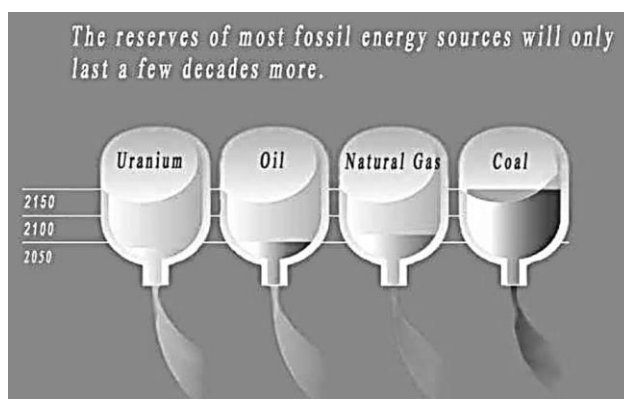


Figura 37. Reservas de las Fuentes de Energía Fósiles

Fuente: (Espinoza, León, & Barragán, 2012)

3.2.2. **Energía Renovable**

Las energías renovables son aquellas que en teoría no se agotaran con el paso del tiempo, y son una alternativa primordial a las fuentes de energía no renovables y otras energías tradicionales produciendo un impacto ambiental mínimo que junto con el ahorro y la eficiencia energética, son la clave para que un país o una ciudad tengan un futuro energético limpio, eficaz, seguro y autónomo (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Al utilizarse como materia prima las energías renovables: agua, viento, desechos, para la producción de energía eléctrica, existirá una reducción de emisiones de gases

de efecto invernadero, lo cual incluso representa ingresos extra de capital dependiendo de las condiciones de los mercados de emisiones (Barragán, Arias, & Terrados, 2016).

Para asegurar el acceso a la electricidad para el año 2030, es necesario invertir en energía limpia como la solar, eólica y termal, además de la implementación de estándares de eficiencia energética que reduce el consumo eléctrico en las zonas urbanas y periurbanas de la ciudad, además de estimular el desarrollo económico y el cuidado ambiental (Abad, 2017).

Las energías renovables son importantes no solo para países y ciudades desarrolladas, sino también en países en vías de desarrollo, por ejemplo, en la ciudad de Cuenca la utilización de esta energía en zonas rurales aisladas, ya que se puede aprovechar la energía en el mismo lugar donde se produce, por lo que se podría dejar de operar centrales térmicas que son altamente contaminantes y utilizar las fuentes de recursos renovables. Dado el crecimiento y desarrollo tecnológico se pueden aprovechar estos recursos mediante celdas solares o sistemas eólicos, lo cual genera aceptación pública, ventajas ambientales y cuenta con incentivos económicos (Jaramillo & Barragán, 2017).

La Energía Renovable en el Ecuador puede ser aprovechada, para la producción de energía eléctrica en gran medida, debido a las buenas condiciones geomorfológicas, topográficas y de localización geográfica, esto hace posible el desarrollo de la energía eólica, solar, hidráulica geotérmica y biomasa, utilizando los diferentes recursos de cada una de ellas como lo son los desechos de actividades agrícolas y ganaderas (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

En la ciudad de Cuenca se debe fortalecer el desarrollo tecnológico en lo que respecta a generación hidroeléctrica para obtener el mayor grado de eficiencia en la transformación, así como en la generación de energía eléctrica mediante gas natural, garantizando eficiencia en la producción y disminuyendo agentes contaminantes. Además desarrollar innovaciones en sistemas energéticos a partir de energías renovables, solar, eólica, biomasa que disminuyan el consumo de energía eléctrica en la obtención de calor y que garanticen eficiencia, costos competitivos y sostenibilidad en el tiempo (Calle & Chica, 2013).

Las desventajas del uso de la Energía Renovables depende de las condiciones meteorológicas que aún no pueden predecirse con exactitud, por lo que es difícil saber

cuánto tiempo van a ser utilizadas, además son de menor poder energético que las energías No Renovables, son menos rentables y solo responden a la demanda energética, otros inconvenientes van desde la falta de voluntad política hasta las barreras económicas, cuya eliminación es necesaria para que las energías renovables alcancen el nivel necesario de desarrollo en el país y promuevan la sostenibilidad urbana de la ciudad(Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Potencia efectiva para el servicio público por tipo de central (en MW)				Cobertura del servicio eléctrico	
Fuente	2007	2017	Año	Cobertura	
Hidráulica	2.023,47	4.342,18	2007	93,35%	
Térmica	1.625,82	2.183,2	2008	93,80%	
Biomasa	Sin información	83,4	2009	94,22%	
Fotovoltaica	0,02	25,59	2010	94,78%	
Eólica	2,4	21,15	2011	96,01%	
Biogas	Sin información	1,76	2012	96,90%	
			2013	96,77%	
			2014	97,04%	
			2015	97,18%	
			2016	97,24%	

Figura 38: Infraestructura y cobertura del sector Eléctrico Ecuatoriano 2007-2017

Fuente: (ARCONEL, PME, 2017)

3.3. Las Energías Renovables y la Ciudad

La energía obtenida en algunos países a veces no es suficiente para alcanzar el objetivo de la entrega necesaria de energía, así como la cantidad de personas con acceso a energía eléctrica va aumentando, así como el crecimiento de la población y por con siguiente aumento de la demanda de energía accesible. Por ello se promueve el uso de energía limpia, por lo que más del 20 % de energía eléctrica mundial que se consume es generada por fuentes renovables, así que es necesario además invertir en este tipo de energía para mejorar la calidad de servicios a los usuarios, mejorar las infraestructuras y optimizar el tipo de tecnología utilizado para obtener esta energía primaria (Abad, 2017).

Una ciudad puede considerarse un ecosistema nuevo y poco desarrollado altamente dependiente de los recursos provenientes de fuera de sus límites, donde los seres vivos intercambian materiales y energía con el medioambiente con el fin de alimentarse, residir, transportarse y comunicarse, es decir un metabolismo circular

donde las entradas y salidas de materia se encuentren relacionadas para disponer grandes cantidades de insumos, de los mismo que al ser desechados vuelvan a ser reutilizados, (Barragán, Arias, & Terrados, 2016), es ahí cuando una ciudad busca la forma de aprovechar estos recursos y otros tipos de materia prima que generen esa fuerza necesaria para transformarla en energía, llamando este tipo de materia prima recursos renovables los cuales generan energía sana a la ciudad y pueden ser aprovechados mediante varios tipos de tecnologías y fuentes de energía primaria.

Las energías renovables ayudan a las necesidades energéticas de una ciudad o país sin comprometer las fuentes de energía a futuro y se encuentran distribuidas en diferentes localidades formando parte del recursos autóctono y lo grado un impacto directo sobre la soberanía energética de cualquier país, las ciudades actualmente representan en cuanto al funcionamiento de su zona urbana un problema por la falta de planificación y mayor flujo migratorio desde la zona rural hacia la ciudad por lo que se debe asegurar que los asentamientos deben ser equitativos para disponer de los servicios básicos e infraestructuras necesarias de calidad (Abad, 2017).

El nivel de energía global utilizada por la ciudades ha aumentado rápidamente, actualmente utilizan más de dos tercios del total, por lo que el aumento de consumo energético ha ayudado a la disminución de la pobreza pero esto implica también el incremento de la utilización de combustibles fósiles, las mismas que representan el 70% de las emisiones de CO² y contribuyen al cambio climático y consecuencias de problema ambiental, se estima que el 70% de todas las ciudades sufren daños por cambio climático, y el 90% de las áreas urbanas costeras están siendo afectadas por el aumento del nivel del mar, y las ciudades de países en desarrollo además de la problemática ambiental enfrentan problemas con la alta tasa de crecimiento poblacional, falta de infraestructura y limitación de recursos financieros, lo que provoca la disminución de la calidad de los servicios, siendo los gobiernos y estados los que deberán cumplir un rol importante al incentivar el uso de tecnologías de energía renovables para que la sostenibilidad se logren dentro de las ciudades (Abad, 2017).

3.3.1. Cuenca como ciudad intermedia y sostenible

La ciudad de Cuenca ha tiene un alto crecimiento poblacional en los últimos años, para el 2030 y 2050 existirán 703.220 y 901.499 habitantes respectivamente, un total de 96.4% respecto a la población actual, por lo que en Cuenca se aplica el proceso de planificación alcanzando una relación correcta con los servicios básicos siendo nombrada como una “Ciudad Saludable”, por la Organización Mundial de la Salud

(OMS), donde ofrece la mejor calidad de vida del Ecuador, con amplias oportunidades y desafíos para ser sostenible (Abad, 2017).

Las ciudades intermedias son importantes para el crecimiento urbano mundial, la planificación, la gestión y la regulación dentro de las políticas urbanas nacionales conseguirán ayudar a las ciudades intermedias a emprender cuestiones sociales, económicas y ambientales, son sometidas a continuos cambios en su ambiente por su propia dinámica económica y social, por lo que deben buscar soluciones y propuestas para alcanzar un desarrollo sostenible urbano a nivel geográfico, cultural y energético (Abad, 2017).

El objetivo principal de las ciudades es transformarse en un nuevo espacio de vida y mecanismos estratégicos que permitan reconocer el territorio estableciendo nuevas relaciones sociales políticas y económicas entre las regiones, diversificando y descentralizando el poder, la infraestructura y los servicios, donde las energías renovables sean esenciales en la creación de un sistema energético adecuado brindando ventajas como: recuperar la calidad del aire, mejorar el estilo de vida, reducción de emisiones, costos asequibles, creando millones de nuevos empleos, mejorar la salud e impulsar la economía (Abad, 2017).

La Ciudad puede adaptar las Energías Renovables de la siguiente manera:

- Opciones sostenibles en el Transporte
- Creación de sistemas inteligentes integrados de energía urbana
- Energías renovables en Edificios

Cuenca debe cumplir con los objetivos propuestos en la estrategia territorial y del Plan Nacional del Buen Vivir asumiendo su papel de “nodo de estructuración nacional” sin perder las condiciones establecidas que sustentan la calidad de vida, cultura y manejo del entorno natural, optimizando los recursos y potenciando sin comprometer el patrimonio de generaciones futuras (Abad, 2017).

3.3.2. *Industria, Innovación, Infraestructura y la Ciudad*

Al hablar de la industria e innovación de una ciudad, esto se compone de la infraestructura que brinda las instalaciones necesarias básicas para la sociedad y el comercio, así como, la industrialización para promover el desarrollo económico dando como resultado la creación de empleos, disminuyendo la desigualdad de ingresos y al

hablar de Innovación, se refiere al aumentar las capacidades de desarrollo tecnológico en los sectores industriales (Abad, 2017).

La transformación de la industria y la innovación de la infraestructura son fundamentales para el desarrollo y crecimiento económico adecuado, donde las energías renovables y el transporte masivo tomen mayor importancia debido al crecimiento de la población y se dé realce al desarrollo de nuevas industrias y del crecimiento de nuevas tecnologías que son esenciales para encontrar solución a desafíos económicos y ambientales que ayudan a promover la eficiencia energética y fomentar la sostenibilidad mediante la innovación y la investigación científica (Abad, 2017). Para generar mayor emprendimiento e innovación tecnológica hay que tener un acceso igualitario sobre la información y el conocimiento por lo que se propone como meta para el 2030:

Tabla 20. Propuestas planteadas de Innovación en la ciudad

Promover una industrialización inclusiva y sostenible, construir infraestructuras sostenibles, fiables y de calidad
Aumentar el acceso a pequeños sistemas financieros
Mejorar la capacidad tecnológica y la investigación científica de las zonas industriales de todos los países

Fuente: (Abad, 2017). Elaboración propia

3.4. Incentivos al desarrollo de las Energías Renovables

El organismo rector del sector eléctrico y de energías renovables en el Ecuador es el **Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables**, anteriormente llamado (MEER), “responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos, estableciendo mecanismos de eficiencia energética, participación social y protección del ambiente” (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) es el encargado de las regulaciones en el sector eléctrico, dicta regulaciones, vela por el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y además normas técnicas de electrificación del país de acuerdo con la política energética nacional, aprueba las

concesiones para el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y establece el precio de estas energías (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), es una organización sin fines de lucro, cuyos miembros incluyen a todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores. Sus funciones se relacionan con la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y la administración de las transacciones técnicas y financieras del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) del Ecuador, conforme a la normativa promulgada para el Sector Eléctrico (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

A continuación, se recopila información sobre las normas, leyes, decretos y reglamentos que fomentan el uso de las energías renovables enfocados principalmente al aprovechamiento de recursos para la generación de energía eléctrica que se encuentran vigentes.

3.4.1. Reglamentos que incentivan las Energías Renovables

Reglamento para la administración del fondo de electrificación rural y urbana marginal FERUM suplemento Registro-Oficial N°373.

Artículo 2. Sobre los organismos planificadores, la utilización de fondos del FERUM, requeridos para obras, ampliación y mejoramiento de sistemas de distribución en sectores rurales o urbano marginales; o para construcción de sistemas de generación que utilice energías renovables no convencionales, destinados al servicio exclusivo de sectores rurales y también para la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos no incorporados (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Artículo 53. La operación de las centrales de generación que utilicen fuentes no convencionales de energía se sujetaran a las regulaciones específicas dictadas por el CONELEC.

Artículo 77. El Estado fomentara el uso de los recursos energéticos renovables, no convencionales, a través de la asignación prioritaria de fondos del FERUM, por parte del CONELEC, quien introducirá estos elementos en el Plan Maestro de Electrificación como un programa definido (SENPLADES, 2017).

3.4.2. Políticas de Estado para la adaptación, mitigación al cambio climático, Decreto Ejecutivo N° 1815 y Código de la Producción, Comercio e Inversiones.

Se declara como política de estado la adaptación y mitigación al cambio climático, dicho decreto establece en su artículo numero dos que todos los proyectos ejecutados en el sector público, tendrán la obligación de contemplar en su ingeniería financiera una cláusula de adicionalidad, con la finalidad de acceder en lo posterior a Mecanismos de Desarrollo Limpio. (MDL)(Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Artículo 24. Para los sectores que contribuyan al cambio de la matriz energética, a la situación estratégica de importaciones, así como para el desarrollo rural de todo el país, se reconoce la exoneración total del impuesto a la renta por cinco años a las inversiones nuevas que se desarrollen en estos sectores (SENPLADES, 2017).

3.4.3. Regulaciones para incentivar la Energías Renovables en el Ecuador

Resolución N° ARCONEL – 56/16, Participación de empresas públicas con proyectos de Energías renovables no convencionales (ERNC)

Establecer los requisitos, procedimientos y condiciones para que las empresas publicas obtengan del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, los títulos habilitantes para el desarrollo de nuevos proyectos de generación hidroeléctricos con una capacidad máxima de 30 MW.

De acuerdo al artículo 24, de la Ley orgánica de Servicio Público de Energía (LOSPEE), podrá autorizar a empresas públicas, creadas al amparo de la Ley orgánica de empresas públicas, las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización, importación y exportación de energía eléctrica; varias empresas públicas han presentado ante el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable solicitudes para la obtención del título habilitante que faculte la actividad de generación, a través de la ejecución de proyectos hidroeléctricos de hasta 30 MW (ARCONEL, 2018).

Regulación N° ARCONEL – 002/16, Requisitos y procedimientos para las etapas de pruebas técnicas y de operación experimental. Previas al inicio de la operación comercial de centrales o unidades de generación

Determina los requisitos y el procedimiento que deben seguir los titulares de títulos habilitantes para generación, para dar inicio a las etapas de pruebas técnicas y de operación experimental de centrales o unidades de generación, previo a su declaración en operación comercial.

El numeral 4 del artículo 21 de la LOSPEE, determina que es el Operador Nacional de Electricidad CENACE, el responsable de administrar y liquidar comercialmente las transacciones del sector eléctrico en el ámbito mayorista, es necesario actualizar los criterios para la liquidación comercial de la energía producida por la centrales o unidades de generación durante las etapas de pruebas técnicas y de operación, con base a las disposiciones de la LOSPEE (ARCONEL, 2018).

Regulación N° ARCONEL – 004/17, Regulación para consumidores

Regular los requisitos, características, condiciones y procedimientos para la calificación de grandes consumidores en el sector eléctrico ecuatoriano, así como sus obligaciones y responsabilidades.

El artículo 4 de la LOSPEE establece los derechos de los consumidores o usuarios finales, cuyos numerales 1 y 6 determinan que el consumidor tiene el derecho de recibir el servicio público de energía eléctrica acorde a los principios constitucionales de eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad y precio equitativo, así como el artículo 46 de la LOSPEE señala que se liquidaran comercialmente los valores de la energía producida por el CENACE, en función de los precios pactados (ARCONEL, 2018).

Resolución N° ARCONEL – 042/18, Regulación N° ARCONEL – 003/18, Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica

Establecer las condiciones para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas de micro generación fotovoltaica - μ SFV – hasta 100KW de capacidad nominal instalada, ubicado en techos, superficies de viviendas o en edificaciones para las categorías residencial y general determinados en el pliego tarifario en bajo o medio voltaje.

El artículo 15 de la Constitución de la República preceptúa que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzara en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectara el derecho al agua, así mismo el artículo 5, numeral 3 de la Ley orgánica del servicio público de energía eléctrica determina: “Utilizar de forma eficiente la energía eléctrica” (ARCONEL, 2018).

Resolución N° ARCONEL – 057/18, Reforma a las Regulación N° ARCONEL – 003/18, denominada: Micro generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica

El artículo 26 de la Ley orgánica del servicio público de energía eléctrica señala: que promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía (ARCONEL, 2018).

Reforma a la disposición transitoria primera relacionado con el límite máximo de capacidad nominal instalada para la participación de consumidores que cuenten con sistemas fotovoltaicos.

El artículo 74 y 75 del LOSPEE establecen las políticas y normas para la eficiencia energética adoptadas por parte del Ministerio Rector deben promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables (ARCONEL, 2018).

Existen algunas regulaciones que han sido derogadas, pero que son consideradas puesto que existen algunas que no están fuera de su fecha de aprobación como las siguientes:

- Regulación del CONELEC 006/08, Aplicación del Mandato Constituyente N° 15.
- Regulación del CONELEC 008/08, Procedimientos para presentar, calificar, priorizar y aprobar los proyectos del FERUM.
- Regulación del CONELEC 003/11, Determinación de la Metodología para el cálculo del plazo y de los precios referenciales de los proyectos de generación y autogeneración.

- Regulación del CONELEC 004/11, Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales.

Tabla 21. Precios preferentes de Energía Renovables en (USD/KWh)

CENTRALES	Territorio Continental	Territorio Insular de Galápagos
Eólicas	9.13	10.04
Fotovoltaicas	40.03	44.03
Solar Termoeléctrica	31.02	34.12
Corrientes Marinas	44.77	49.25
Biomasa y Biogás < 5 MW	11.05	12.16
Biomasa y Biogás > 5 MW	9.60	10.56
Geotérmicas	13.21	14.53

Fuente: (ARCONEL, 2018). Elaboración propia

Los precios establecidos en las tablas se encuentran en vigencia a partir de las últimas resoluciones y regulaciones aprobadas y hasta el momento son utilizadas y garantizan que estarán en vigencia por un periodo de 15 años, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato. El CENACE despachara de manera obligatoria y preferente toda la energía eléctrica que las centrales que usan recursos renovables no convencionales entreguen al sistema, hasta el límite del 6% de la capacidad instalada y operativa del SNI (Espinoza, León, & Barragán, 2012).

Tabla 22. Precios preferentes de Centrales hidroeléctricas hasta 50 MW en (USD/KWh)

CENTRALES	PRECIO
Centrales hidroeléctricas hasta 10 MW	7,17
Centrales hidroeléctricas mayores a 10 MW hasta 30 MW	6,88
Centrales hidroeléctricas mayores a 30 MW hasta 50 MW	6,21

Fuente: (ARCONEL, 2018). Elaboración propia

3.5. Tecnologías de Energías Renovables

Con el objetivo de promover el uso de las energías renovables en la ciudad se ha analizado que las tecnologías aplicables dependen de los recursos existentes, así como de los requisitos para su uso, buscando la mejor opción desde el punto de vista tecnológico, social, ambiental y económico. La selección de dichas tecnologías

dependerá también de los beneficios previstos o la disminución de las externalidades, estas tecnologías son aquellas que se pueden utilizar en la ciudad y cuya madurez tecnológica permite obtener la energía primaria para satisfacer la demanda. Dentro de los sistemas que se encuentran disponibles en la ciudad están la biomasa, energía solar, eólica, geotérmica y la hidroeléctrica dicha energía o los materiales que vienen del exterior no se consideran porque lo que se busca es para el uso de la energía de manera que promueva el metabolismo de la energía urbana circular (Barragan & Terrados, 2017).

Esta investigación se centra no solo en una única tecnología, ya que está diseñada para el uso de varias energías renovables con el fin de mejorar el rendimiento y además satisfacer la demanda de energía en la ciudad teniendo en cuenta que la tecnología más apta es la hidroeléctrica por lo que se busca incentivar el desarrollo de la misma con la implementación de proyectos de centrales de generación de energía hidroeléctrica aprovechando los recursos disponibles para obtener energía limpia y generar sostenibilidad.

Las tecnologías renovables además de aprovechar su fuente de energía primaria complementan el suministro de electricidad urbana, teniendo en cuenta que la autogeneración de energía dentro de la ciudad tiene sus limitaciones y dependerá de los recursos disponibles, tipo de consumo por habitante, aceptabilidad social o condiciones de implementación del equipamiento, además de las condiciones técnicas de cada una, que si bien han alcanzado su etapa de madurez comercial, su aplicación estará relacionada con el desarrollo de redes inteligentes en generación distribuida. Se propone que la planificación energética se amplíe a nivel de ciudad y no sea exclusiva de un país o región. La planificación integral de la energía urbana requiere identificar el potencial renovable y los usos potenciales de acuerdo con la tecnología existente (Barragan, Arias, & Terrados, 2016).

Las alternativas de tecnologías seleccionadas se describen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 23. Alternativas y tecnologías seleccionadas

ALTERNATIVAS	DESCRIPCIÓN
Bioetanol	<i>Se obtiene por la fermentación de azúcares contenidos de la materia orgánica de las plantas que al ser mezclado con la gasolina produce un biocombustible de alto poder energético similar a la gasolina pero con una importante reducción de emisiones contaminantes.</i>

Biomasa	<i>Es toda materia que proviene de las plantas, árboles y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; incluyen leña, residuos de café, productos de aserraderos como ramas, aserrín, residuos agrícolas como estiércol de vaca, borrego; desechos urbanos como aguas negras, basura orgánica y cultivos energéticos sembrados específicamente para uso energético.</i>
Biogás	<i>Es el producto de la digestión en condiciones anaerobias de materia orgánica que para su producción se emplea residuos de cultivos, estiércol y otros residuos del ganado o residuos urbanos que sean biodegradables y se puedan transformar en metano o dióxido de carbono empleado para producir calor y electricidad.</i>
Incineración, Co-incineración	<i>Es una tecnología de tratamiento de residuos que implica la quema de los residuos sólidos que convierte materiales de desecho, incluyendo papel, plásticos, gomas, maderas, restos de comida entre otros en cenizas, gases de combustión, contaminantes de aire y de las aguas residuales con el fin de obtener energía.</i>
Mareomotriz	<i>Aprovechando las mareas, mediante el uso de un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica siendo una forma segura y aprovechable.</i>
Pequeña Eólica	<i>A partir del viento, es decir la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y es convertida en otras formas útiles de energía.</i>
Geotermia	<i>Aprovechando el calor que existe en el interior de la tierra donde el núcleo es una masa incandescente que irradia calor desde el interior hacia el exterior, por lo cual según se profundice en la tierra aumentara la temperatura de 2 a 4°C cada 100m.</i>
Pequeña Hidroeléctrica	<i>La energía potencial gravitatoria que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud a su desnivel que en su caída entre dos niveles del cauce, se hace pasar el agua por una turbina hidráulica que transmite energía a un generador eléctrico donde se transforma en energía eléctrica.</i>
Fotovoltaica	<i>A partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato se obtiene esta energía para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución permitiendo alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos o abastecer viviendas aisladas de la red eléctrica.</i>
Solar Térmica	<i>Aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que puede utilizarse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo doméstico, ya sea agua caliente, calefacción; o para producir energía mecánica y a partir de ella de energía eléctrica.</i>

Fuente: (Abad, 2017). Elaboración propia.

La planificación urbana debe estar condicionada por los requisitos de sostenibilidad, por lo que se requiere una gestión adecuada de los recursos relacionados con el suministro de agua, energía y materiales, infraestructura pública, comercio e industria. Para fomentar el uso de tecnologías de energías renovables se requerirá la implementación de normativas y regulaciones que apoyen este tipo de generación las cuales se encurtan actualmente vigentes, los equipos, herramientas para el aprovechamiento de los recursos y la educación social que promueva el implemento de estas tecnologías fomentando proyectos que utilicen energías renovables y basados en modelos de metabolismo circular.

3.6. Análisis de Proyectos de Energía Renovable en la Ciudad de Cuenca

La energía y combustibles fósiles son usados en todo el mundo por la población, ciudades e industrias y su consumo es muy importante para el auto sustento de sus habitantes, a diario se requiere de esta energía para mantener una calidad de vida, movilizar la industria por lo que se ha vuelto indispensable. El uso excesivo de estos combustibles fósiles son causantes de emisiones de gases de efecto invernadero provocando un impacto desfavorable en la calidad de vida de las ciudades; las consecuencias son el encarecimiento causado por la escasez y el acceso que tiene este tipo de energía por lo que se han implementado diversos enfoques de sostenibilidad en las ciudades. Debido a que es un servicio básico necesario para la vida diaria y fundamental para el crecimiento y el progreso económico de una ciudad se han establecido varias políticas energéticas y procesos de planificación de proyectos de implementación aprovechando los recursos naturales de energía renovables, asegurando el suministro de energía de calidad con la debida seguridad; y además de aspectos técnicos y económicos el objetivo es lograr la sostenibilidad fomentando la diversidad energética.

Cuenca es una ciudad situada en nivel verde de calidad de vida; y el consumo promedio de energía eléctrica en una vivienda en zona urbana del sector residencial es de 243.8 kWh donde este sector es el mayor consumidor de energía eléctrica con un porcentaje del 37,76% seguido por el sector industrial de 32,47%, el sector comercial con el 15,68% y otros con el 5,51% datos de la CENTROSUR (Medina, 2017). Cuenca consume también 90 millones de galones de combustible por año empleados en un 90% principalmente en el transporte siendo la gasolina súper, eco país y diésel los combustibles de mayor demanda; el GLP es utilizado en el sector doméstico siendo utilizado para la cocción en un 95% y un 59% para el calentamiento de agua. La problemática principal de la ciudad de Cuenca es la necesidad de implementar Energías Renovables (ER), reduciendo los flujos de entrada y salida de energía por medio del abastecimiento de recursos propios del lugar. Por lo que se han seleccionado un conjunto de alternativas basadas en tesis y papers de investigación de la ciudad de Cuenca de los mismo que se han obtenido diferentes propuestas que permitan el suministro de energía, así como múltiples criterios y opiniones para la selección de los diferentes tipos de energías y tecnologías a usarse.

En los estudios realizados por (Barzallo, Chasijuan, & Barragán, 2017) aplicando el Método multicriterio FAHP, se opta como mejor alternativa de Energías Renovables

en la ciudad de Cuenca, la energía obtenida de los Rellenos Sanitarios – Biogás, de acuerdo con el proyecto que está en operación de generación de electricidad utilizando residuos sólidos urbanos de la ciudad de Cuenca, mientras que las pequeñas centrales hidroeléctricas tienen disponibilidad de recursos debido a que cuatro ríos cruzan la ciudad, sin embargo la construcción de este tipo de proyectos debe ser evaluada para evitar impactos ambientales o visuales y garantizar el flujo mínimo necesario para el funcionamiento de este tipo de centrales, con respecto a la energía solar Cuenca tiene un área total de 72.01 km² y tiene 1615 kWh/m² por año de radiación solar horizontal incidente, así que la generación de esta energía sería muy estable porque la ciudad no tiene estaciones meteorológicas.

En el estudio realizado por (Abad, 2017), se llevó a cabo un análisis de ayuda para la toma de decisiones multicriterio aplicando el método AHP, lo que nos permitió definir que las energías renovables más apropiadas para la ciudad de Cuenca serían las pequeñas centrales hidroeléctricas por la disponibilidad inmediata de recursos, luego la energía solar, ya que Cuenca tiene una buena cantidad de irradiación por año y el relleno sanitario – biogás con menor peso en este estudio.

El estudio que llevaron a cabo (Barragan, Arias, & Terrados, 2016), se realizó mediante el método multicriterio PROMETHEE, para seleccionar u ordenar las alternativas que puedan estar en conflictos entre sí, dando como resultado las energías renovables disponibles y con mayor preferencia las de Biogás, Solar, Fotovoltaico, Hidroeléctrico y Rellenos Sanitarios. Por lo que en la ciudad de Cuenca y dado el análisis de las diferentes investigaciones de los expertos se observa el gran aporte que resulta para la ciudad el incorporar nuevos proyectos específicamente hidroeléctricos, ya que se dispone de los recursos necesarios y estudios de los datos recopilados para el funcionamiento de los mismos, estando ubicados en los cantones más cercanos a la ciudad, cada uno aportara una cantidad de energía en MW, promoviendo la sostenibilidad de la ciudad y sus habitantes.

CAPÍTULO IV

INFORMACIÓN EXISTENTE

4.1. La Sostenibilidad y Sustentabilidad en la Ciudad

El contexto definido como “Energía Sustentable” se expresa como la energía cuya producción y consumo continuo tiene un mínimo impacto negativo sobre la salud humana y el funcionamiento de los ecosistemas para promover la prosperidad al tiempo que protegen al planeta (GAD, Plan de Acción, 2013).

También es necesario adoptar un enfoque y lograr la cooperación entre los participantes de la cadena de suministro, desde el productor hasta el consumidor final, donde los consumidores mediante la sensibilización y la educación sobre el consumo y los modos de vida sostenibles, facilitándoles y participando en la contratación pública sostenible, de acuerdo al cambio de matriz energética con incremento en la participación de energía renovable se han establecido lineamientos (ARCONEL, PME, 2017):

- Aprovechar el potencial energético basado en fuentes renovables, principalmente de la hidroelectricidad.
- Aprovechar el potencial de desarrollo de la bioenergía
- Incentivar el uso eficiente y el ahorro de energía sin afectar la cobertura y calidad del servicio
- Implementar regulación al uso energético en el transporte, los hogares, las industrias con criterios de eficiencia y sustentabilidad.
- Optimizar el uso de los recursos renovables en la generación de energía eléctrica a través del empleo de tecnologías eficientes.
- Mantener una base de datos intersectorial de la distribución energética, los centros de transformación y los centros de consumo para planificar el abastecimiento del país y favorecer la seguridad y la integración energética regional.

La sustentabilidad es un proceso global de desarrollo que minimiza el consumo de recursos ambientales y reduce los impactos en el medio ambiente usando procesos que simultáneamente mejoran la economía y la calidad de vida de una ciudad y sus habitantes, por lo que para el desarrollo de la ciudad se ha visto obligada a tomar medidas con el fin de minimizar los impactos causados por el rápido crecimiento

demográfico, que posibiliten un desarrollo urbano sustentable (Jaramillo & Barragán, 2017).

En cuanto a la sostenibilidad ambiental hace falta trabajar en temas de mitigación y adaptación a riesgos y vulnerabilidades por cuestiones del cambio climático, esto abarca: asentamientos informales en laderas, crecimiento de los ríos, medidas de mitigación y planes de reducción de gases de efecto invernadero. Y refiriéndonos a la sostenibilidad urbana, el sector industrial es punto importante así como sus necesidades en cuanto a transporte y logística, de ahí la importancia de tomar medidas y un plan para fomentar el crecimiento de la industria en Cuenca (BID, 2013).

4.2. Características de un Proyecto de Generación eléctrica

4.2.1 Generación con Energía Eólica

La generación de energía eléctrica depende:

- Directamente de las condiciones climatológicas que cada zona posea para obtener la cantidad de potencia requerida
- Son instaladas en zonas costeras, alturas montañosas, islas o frente al mar
- Un número de palas inadecuadas puede incidir en un menor rendimiento, sin embargo a mayor número de palas menor par de arranque; por tal razón se ha considerado la opción de tres palas como la óptima (Soria, 2010).

Al producir energía eléctrica mediante la tecnología eólica se generan ventajas como:

- Evita el consumo de combustibles fósiles y aporta al cambio climático
- No generan ruido exagerado y es relativamente barata
- No emite gases tóxicos y se eliminan problemas de contaminación por transporte
- Reduce el intenso tráfico terrestre o marítimo y no es necesario instalación de tuberías para el transporte de combustible o gas.
- No es indispensable la conexión a una red de un sistema eléctrico (Soria, 2010).

4.2.2 Generación con Energía Solar

La generación de energía eléctrica depende:

- Para conseguir un eficiente uso de la energía solar se necesita utilizar un módulo solar o módulos fotovoltaicos y obtener energía eléctrica limpia sin requerir a combustibles fósiles para su funcionamiento
- Un módulo solar no posee parte móvil alguna por lo que no se gasta lo que implica que puede operar por periodos extendidos de tiempo sin mantenimiento o intervención humana (Soria, 2010).

Al producir energía eléctrica mediante la tecnología eólica se generan ventajas como:

- En la etapa de generación de electricidad no emana gases contaminantes
- Está a disposición casi en cualquier parte del planeta, sobre todo si su uso es en pequeña escala
- Se puede hacer uso de esta energía en zonas alejadas de redes eléctricas o de difícil acceso.

Hay que tener en cuenta que uno de los problemas de la electricidad generada con el sol es que solo se puede producir durante el día y es difícil y costosa para almacenar, para poder consumir o suministrar el momento que se la requiera (Soria, 2010).

4.2.3 Generación con Biomasa

La generación de energía eléctrica depende:

- Toda materia orgánica puede ser aprovechada para la producción de energía, dependiendo de la aplicación a la que estén destinados
- El proceso energético del aprovechamiento de la biomasa a nivel de contaminación, la produce tanto para el aire, el suelo y el agua, así como para la salud de quienes la utilizan.
- Al generar energía con el uso de la biomasa, ayuda a mitigar el efecto de cambio climático, reducir la lluvia ácida y reducir la cantidad de desechos en rellenos sanitarios así como beneficios de carácter económico y social como la diversificación del uso de los cultivos para la producción de energía y no solamente para consumo (Soria, 2010).

Al producir energía eléctrica mediante la tecnología eólica se generan ventajas como:

- La contaminación es menor y sus emisiones de son básicamente CO² sin la presencia de azufre o cloro.
- Los residuos municipales pueden ser transformados en combustible, aprovechando su contenido energético.
- La biomasa puede ser almacenada y utilizada en un momento determinado, suministrando un fluido de electricidad constante y sin variaciones

La principal desventaja de esta generación de energía es su baja densidad energética; el rendimiento energético es inferior a otras fuentes de generación pero opera con grandes volúmenes de combustibles que hacen que su transporte sea complicado y esto constituye un argumento en favor de su utilización local y sobretodo rural (Soria, 2010).

4.2.4 Generación con Energía Hidroeléctrica

La generación de Energía hidráulica y su uso en pequeñas centrales es ideal pues puede dar solución energética a ciertas poblaciones y afecta en menor proporción al ecosistema, utiliza una fuente que tiene disponibilidad inmediata, pero depende que la zona donde se vaya a desarrollar cuente con la suficiente fluidez de agua; la potencia es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse. El nivel medio de las aguas debajo de la central y del caudal máximo que puede mover las turbinas, además de las características de las turbinas y de los generadores (Soria, 2010).

Para la elección de este tipo de energía se tiene que tomar en cuenta ciertos parámetros, criterios y pesos característicos para la elección de esta fuente de energía y para el desarrollo de nuevos proyectos hidroeléctricos que pueden desarrollarse en la provincia del Azuay específicamente en el cantón Cuenca para ello se han tomado en cuenta ciertos parámetros a describirse a continuación (Datos Recopilados):

- 1) Especificaciones generales del sistema y cuencas hidrográficas
- 2) Definición y análisis de variables e indicadores sociales, económicos y técnicos; donde se deben tener en cuenta características principales del proyecto como son:

- Cauce del río (m.s.n.m.), Nivel máximo normal (m.s.n.m.), Caudal medio (m^3/s), Caudal firme (m^3/s), Caudal de diseño (m^3/s), Caudal de crecida (m^3/s), Factor de instalación
- Desarenador
- Tubería de presión
- Casa de Maquinas:
 - Tipo, N° de Unidades, Tipo turbina, caída bruta y caída neta (m), Potencia Instalada (MW), Potencia por unidad (MW), Energía media (GWh/año)

3) Recopilación y validación de información existente: recaudar información de áreas y parques ecológicos protegidos, consultas de programas y proyectos realizados por el ministerio del ambiente a través de su página oficial.

4) Generación de información primaria: es la información no disponible y necesaria para el desarrollo del proyecto hidroeléctrico.

5) Captura, revisión y validación de la información de campo: revisión de la información detallada.

6) Estructuración del sistema de información geográfica: todos los levantamientos detallados.

7) Recopilación y análisis topográfico y cartográfico: cartas topográficas.

8) Análisis hidrológicos y meteorológicos: información del Plan maestro de Electrificación

9) Estudios regionales de geología y geotecnia: información del Plan maestro de Electrificación

10) Caracterización de las captaciones y fuentes: captaciones y fuentes de las que el proyecto está constituido.

11) Diagnóstico de calidad y cantidad del recurso hídrico:

- Cauce del río (m.s.n.m.), Nivel máximo normal (m.s.n.m.), Caudal medio (m^3/s), Caudal firme (m^3/s), Caudal de diseño (m^3/s), Caudal de crecida (m^3/s), Cota de restitución (m^3/s).

12) Información hidrogeológica: información especializada en temas ambientales, así como también hidrólogos y geólogos experimentados con proyectos realizados con anterioridad en las zonas.

13) Potencial hidroeléctrico:

➤ Altura neta (m), Caudal de diseño (m^3/s), Potencia hidráulica (kW), Número de turbinas, caudal por turbina (m^3/s), Potencia hidráulica por turbina (kW), Velocidad de rotación de la turbina (Rpm), Velocidad síncrona del generador (Rpm), Eficiencia de la turbina (%), Eficiencia del generador (%), Potencia generada por unidad (kW), Potencia total generada (kW).

14) Información social, económica y ambiental del sistema hidrológico: para determinar dicha información se debe contar con profesionales de todas las áreas.

4.3. Situación Energética de la Ciudad de Cuenca y el Ecuador

La situación del sector eléctrico ecuatoriano ha sido motivo de reconocimiento a nivel regional y mundial, puesto que al inicio del 2007 se tenía un sector eléctrico desarticulado con bajos niveles de calidad y servicio con elevadas pérdidas de energía eléctrica y altos costos de producción, para lo cual se ha logrado un mayor avance en infraestructura, tecnología y gestión administrativa (ARCONEL, PME, 2017).

Uno de los objetivos planteados por el sector eléctrico es el de mejorar y fortalecer la gestión de las empresas eléctricas del país, de manera que se redujo en 10 puntos porcentuales las pérdidas de energía eléctrica, lo cual significa un ahorro al país de USD 1.200 millones acumulados; los mismos que se han reinvertido en infraestructura mantenimiento y capacitación; también se ha logrado incrementar la cobertura de servicio al 97,24 % beneficiando solamente en el sector rural a más de 900 mil nuevas familias con el servicio siendo esta cobertura una de las más altas de Latinoamérica (GAD, Plan de Acción, 2013).

La ciudad de Cuenca dispone de variada energía residual o de recursos que pueden ser incorporados a las matrices energéticas y sus respectivos centros de transformación para la generación de energía, las energías renovables distribuidas como la energía solar, eólica, geotermia, o pequeñas hidroeléctricas son un reto a largo

plazo para formular una política energética que permita modificar la demanda de la comunidad y a su vez se genere un cambio en el comportamiento de los consumidores, la dinámica del mercado y las fuerzas políticas (Barragán, Arias, & Terrados, 2016).

La matriz eléctrica ecuatoriana ha logrado un alto grado de de-carbonización por la reciente inserción de centrales hidroeléctricas a gran escala, pero la demanda actual es de una quinta parte respecto a la cantidad de habitantes siendo eminente un incremento de consumo en corto plazo. Contrariamente a cualquier política ambiental, el Ecuador tiene políticas de incentivo al uso de combustibles, lo que implica el crecimiento del consumo de los mismos, lo que implica gastos en importación y refinancian, con ello se presentan problemas ambientales y económicos, por lo tanto para cambiar este contrasentido es indudable que el uso de energías renovables como fuente primarias, son una alternativa limpia que promueve la creación de puestos de trabajo locales, minimizar la contaminación, aplicando modelos de urbanismo mejorar la calidad de los servicios, y cambiar la mentalidad de los usuarios para lograr la sostenibilidad energética (Zalamea, Barragán, & Mendez, 2017).

4.3.1 *Uso de la diferentes Tecnologías Renovables en Ecuador*

Una nueva cultura de uso de las energías renovables es el objetivo del Ministerio de Electricidad y su aprovechamiento puede utilizarse sin poner en riesgo el medioambiente, por lo que, el Ecuador dispone de un alto potencial de energías primarias renovables como fuente de generación siendo el recurso hídrico el que más se destaca, siendo el uso de las pequeñas centrales hidroeléctricas las que solventarían la falta de energía eléctrica en zonas rurales y compensaría la eficiencia en la calidad de servicio así como también en la ciudad de Cuenca se busca la sostenibilidad Energética por lo que el aprovechamiento de la misma generara auto sustentabilidad, mejorara la calidad de vida de los habitantes y principalmente se reutilizara fuentes primarias obtenidas de la misma ciudad (Soria, 2010).

La aplicación y uso de estas tecnologías requieren de una estructuración; se habla de planificación de las diferentes tecnologías como por ejemplo, el potencial eólico; en el sector Sierra la velocidad del viento que existe es muy pequeña debido a la altura que se encuentra sobre el nivel del mar, lo cual reduce la posibilidad de ser utilizada ya que para producir electricidad se requiere de vientos constantes y no de fuertes rachas irregulares, sin embargo se puede generar energía mediante esta tecnología de una manera más confiable en sectores que se encuentran a nivel del mar ya que son aptos

para esta tecnología. En cuanto a la energía solar en sectores de la Costa, Oriente e Insular la factibilidad es mucho más apta para la producción eléctrica debido a los niveles de radiación solar existente; pero la tecnología requerida para su instalación tiene que ser importada de otros países incrementando aún más sus costos(Soria, 2010).

Cada una de las tecnologías de energía renovables que se pueden desarrollar en nuestro país, aportaran a la mitigación del cambio climático y promoverá la sostenibilidad del país, y cada una de sus regiones, en este caso de la ciudad de Cuenca, es por eso la importancia de su aplicación en el sector eléctrico teniendo en cuenta los factores sociales, económicos, técnicos y ambientales actuales.

4.4. Aplicación de Métodos Multicriterio para la selección de Energías Renovables

La manera o el medio por el cual las alternativas se comparan entre sí son mediante la toma de decisiones multicriterio donde se deben identificar y definir el conjunto de criterios para la evaluación en cada una de las etapas de decisión.

La toma de decisiones está presente en nuestro diario vivir y requiere un análisis profundo de la situación para considerar aspectos que comúnmente están desvalorizados como lo es la participación social y el cuidado ambiental cuando planteamos la idea de implementar nuevos proyectos por esta razón se ha realizado caos de diversos análisis multicriterio (MCDA) que es una herramienta útil y explicativa en los procesos de planificación energética(Barzallo, Chasijuan, & Barragán, 2017).

Los mismo que nos permiten elegir la mejor alternativa energética evaluando un grupo de alternativas como las expuestas y bajos criterios establecidos, así como la referencia de diferentes artículos y trabajos de investigación realizados con la supervisión y opiniones de expertos en el tema. Existen varios métodos de decisión multicriterio (MCDA) utilizados para resolver problemas generados por la planificación energética como: PORMETHEE, ELECTRE, AHP, siendo esta última técnica la más utilizada en temas energéticos como lo son: asignación de recursos energéticos, planificación energética de ER y transporte, planificación de proyectos para servicios eléctricos (Barzallo, Chasijuan, & Barragán, 2017).

Según lo establecido por (Abad, 2017), la técnica multicriterio AHP es la más adecuada para tomar la mejor alternativa cuando se trata de las ER; la aplicación no solo está ligada a la zona rural de las ciudades sino también tiene una amplia gama de utilización dentro de la zona urbana garantizando la fiabilidad de los resultados de acuerdo a la sostenibilidad y el interés público.

(Barragan, Arias, & Terrados, 2016), aplicaron la técnica multicriterio PROMETHEE para evaluar la mejor alternativa de Energías Renovables aplicables en la ciudad de Cuenca, para lo cual plantearon 8 alternativas de generación de energía obteniendo como resultado: le energía solar térmica en primer lugar seguido por la fotovoltaica, hidroeléctrica, biogás RSU, biomasa, viento e incineración; estableciendo también los subcriterios de preferencia siendo estos los aspectos técnicos, seguidos por los sociales y finalmente por los económicos.

Tabla 24. Comparación de los tipos de Energía entre estudios Relacionados

COMPARACIONES ENTRE ESTUDIOS RELACIONADOS		
<i>Tipo de Energía</i>	<i>Posición</i>	<i>Estudio</i>
Relleno Sanitario – Biogás	1ra	METODO FAHP (Barzallo, Chasijuan, & Barragán, 2017)
Pequeña Central Hidroeléctrica	2da	
Solar - Fotovoltaica	3ra	
Pequeña Central Hidroeléctrica	1ra	METODO AHP (Abad, 2017)
Solar - Fotovoltaica	2da	
Relleno Sanitario – Biogás	3ra	
Solar - Fotovoltaica	1ra	METODO PROMETHEE (Barragan, Arias, & Terrados, 2016)
Pequeña Central Hidroeléctrica	2da	
Relleno Sanitario – Biogás	3ra	

Fuente: (Barragan & Terrados, 2017). Elaboración propia.

A pesar de la aplicación de diferentes métodos multicriterio dan resultados que difieren en la posición; estas tres tecnologías son una opción apropiada para aplicar en la ciudad de Cuenca, y con los diferentes métodos se obtienen diferentes resultados

mediante la técnica aplicada, pero esto no significa que los resultados sean erróneos, sino que cada metodología tiene su propia forma de aplicación y desarrollo (Barzallo, Chasijuan, & Barragán, 2017). Para la ciudad de Cuenca la energía eléctrica producida por la pequeña hidroeléctrica es la fuente de energía más apta; con los mayores pesos en cada criterio analizado, y en la siguiente imagen se puede observar el porcentaje de cada una de las fuentes de energía renovable más aptas para la ciudad:

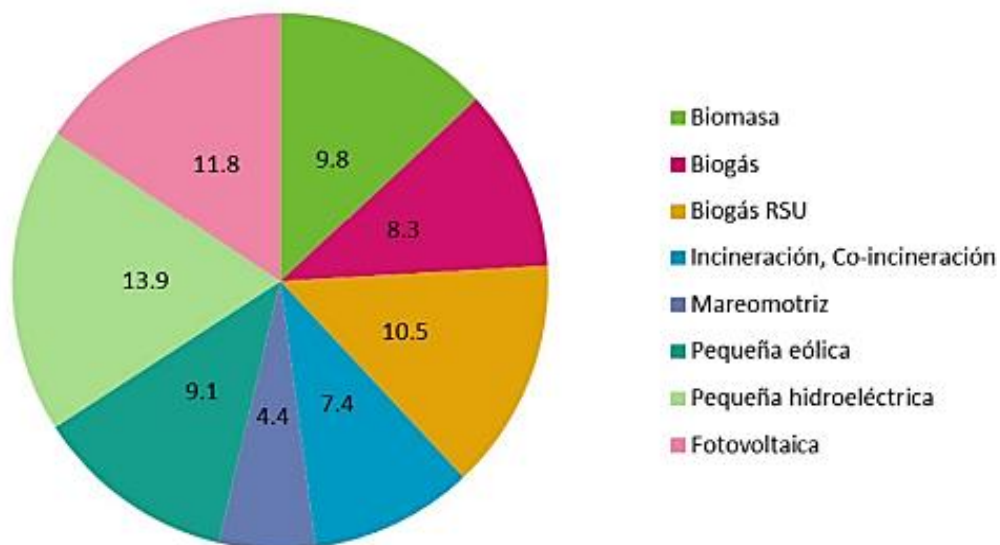


Figura 39. Porcentajes de Fuente de energía aptas para la ciudad de Cuenca.

Fuente: (Abad, 2017)

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de los Datos Obtenidos

El proyecto hidroeléctrico de pequeña generación planteado en esta investigación, llamado San Francisco II está ubicado en la provincia del Azuay, en el cantón Santa Isabel, el mismo que al desarrollarse en el cantón aportara 9,40 MW, mientras los proyectos hidroeléctricos Río Burro y Rircay se encuentran ubicados en el cantón Girón de la provincia del Azuay los mismos que aportarán 10,6 MW y 3,10 MW, respectivamente; potencias que se sumarán y aportarán a los cantones, la ciudad de Cuenca y la provincia del Azuay para la auto sustentación energética de la población y la sostenibilidad.

Estos proyectos forman parte del Inventario de recursos energéticos del Ecuador, con fines de generación de energía eléctrica (2015), con proyectos de pequeña y mediana capacidad que aportarán al país energía limpia, ya que el territorio y las zonas en las que se pueden construir los proyectos tienen los recursos naturales y fuentes de energía necesarios para ser aprovechados, con el fin de promover al progreso y desarrollo del sector eléctrico ecuatoriano.

5.1.1 Datos geográficos y Demográficos del cantón Santa Isabel: Proyecto San Francisco II

El cantón Santa Isabel se localiza en la cuenca alta y media del río Jubones, ocupando el sector sur occidental de la provincia del Azuay, a 103 Km de la ciudad de Cuenca, su ubicación geográfica corresponde a los 79°34'54" W y 2°54'19" S, al norte; 79°16'57" W y 3°22'14" S al sur; 79°13'15" W y 3°17'13" S al este; 79°13'15" W y 2°59'30" S al oeste; ocupando una superficie total de 771,41 Km², correspondiente al 9,63% del total de la provincia del Azuay. El paisaje contrasta igualmente con el relieve del terreno, pues se observa en la cuenca del Río Rircay – Jubones, suelos erosionados y semidesérticos, mientras el norte occidente se describen zonas verdes, en donde hasta hace poco dominaban bosques primarios; las alturas mayores sobrepasan los 3.600 msnm en Carachula y en Pijili, pero descienden a menos de los 600 msnm, conforme el Jubones avanza hacia el occidente (Issuu, 2012).



Figura 40. Ubicación del cantón Santa Isabel

Fuente: (SENPLADES, 2017)

La hidrografía se halla dominada por multitud de ríos y quebradas que bajan desde la Cordillera para engrosar el curso del Jubones considerado el principal componente hídrico de todo el cantón, sobresaliendo en este sistema el Rircay, el Minas y el San Francisco, y en el valle de Yunguilla el Naranjos, Girón, Mandur y otros de menor torrente que suelen quedarse sin agua durante la estación seca; presenta condiciones variables de precipitaciones y vegetación, donde el comportamiento climático va desde el frío de alta montaña con temperaturas de 4 y 6° C, hasta el cálido seco de los valles bajos con más de 30° C a la sombra (Issuu, 2012).

Además el cantón Santa Isabel tiene factores productivos como son: el uso de la tierra, usada para la producción agropecuaria y trabajos de agricultura; equipamientos e infraestructura productivas como lo son: los mercados, centros de acopio, camales; y servicio a la producción por la actividad y mano de obra de la población; factores a los que se puede implementar actividades de generación eléctrica, que causarán varios impactos leves en el sector que son inevitables, pero que generara empleo para los habitantes y la población se adapta beneficiándose de esta actividad.

El cantón Santa Isabel representa el 9,63% del territorio de la provincia del Azuay, el mismo que cuenta con 18.400 habitantes, de los cuales el 48,4% corresponde a la población masculina y el 51,6% a la femenina, así mismo la población está conformada por el 30,5% de la población habitando la zona urbana del cantón y el 69,5% habita la zona rural; así mismo la población realiza diferentes actividades siendo la agricultura y ganadería las principales pues cuentan con variados recursos y materia prima para realizar esta actividades, como lo son recursos minerales, pétreos, vegetación, y sobre

todo recursos hídricos y fluviales, por lo que la zona es apta para desarrollar proyectos de aprovechamiento hidro energético (Issuu, 2012).



Figura 41. Indicadores económicos y actividad poblacional del cantón Santa Isabel

Fuente: (INEC, 2018)

5.1.2 Datos geográficos y Demográficos del cantón Girón: Proyecto Río Burro y Rircay

El proyecto hidroeléctrico Río Burro y Rircay están ubicados en el cantón Girón, los mismos que están ubicados en la provincia del Azuay al sur Occidente del Ecuador, a 46 Km de la ciudad de Cuenca, el cantón cuenta con una superficie de 350km² que representa el 4,2% del territorio de la provincia, la precipitación promedio del cantón se encuentra entre los 500 a 750 mm anuales, la temperatura promedio del varía entre los 14 – 16° C, y tiene una altitud de 2.162 msnm.



Figura 42. Ubicación del cantón Girón

Fuente: (SENPLADES, 2017)

La red hidrológica del cantón Girón pertenece al sistema fluvial de la Cuenca del Rio Jubones, que conjuntamente con otros desemboca en el océano Pacífico, además está conformado por once microcuencas las mismas que llevan el nombre de los ríos a los cuales pertenecen, las microcuencas más importantes del cantón son: el Chorro, El Portete, Pucucari, Cebadillas, Rosas, que son afluentes del San Gregorio; Curiquina y San Gregorio desembocan en el Rio Burro. La confluencia del Rio Santa Ana, Rircay, El Burro Y Girón desembocan en el Jubones. El principal recurso hídrico del cantón constituye el Rio Girón; que forma parte de la cuenca alta del rio Jubones. Este es utilizado para riego en la parte baja, a 13 Km de la desembocadura en el rio Rircay (GAD Girón, 2014-2019).

El cantón Girón cuenta con aproximadamente 13,191 habitantes, de los mismos el 47,6% corresponde a la población masculina y el 52,4% a la femenina, así mismo la población está habitando la zona rural en mayor parte que la zona urbana del cantón, por esta razón la actividad agrícola, ganadera, silvicultura y pesca son las principales actividades del sistema económico del sector, por lo que representa la disponibilidad variada de recursos de fuente primaria así como recursos hídricos importantes que es uno de los características que debe tener la zona para el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos planteados, aprovechando el caudal del Rio Burro y Rircay, analizando la disponibilidad de la zona.

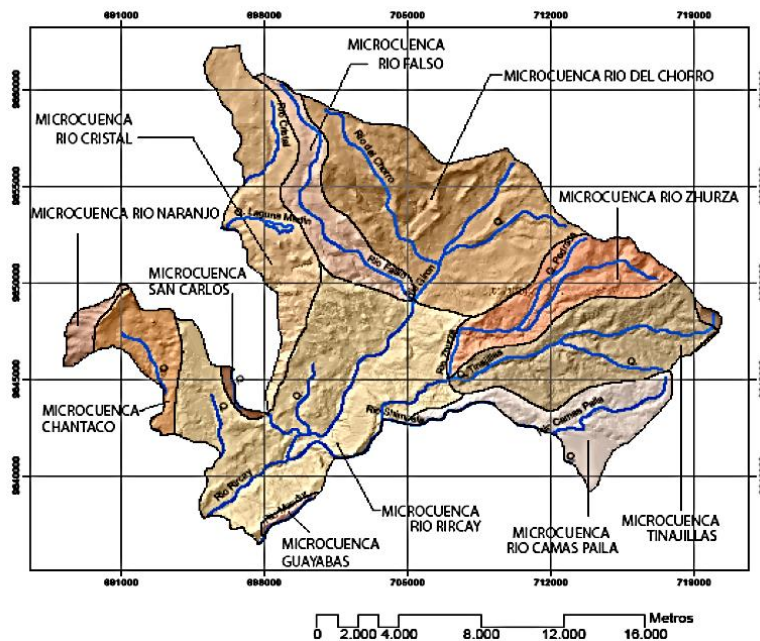


Figura 43. Cuencas y Microcuencas del cantón Girón

Fuente: (SENPLADES, 2017)

El sector primario de la economía (la agricultura y la ganadería), en las tres parroquias ocupa la mayor cantidad de mano de obra, poniendo de manifiesto que se constituye en una de las fuentes fundamentales de empleo en el cantón Girón, el sector secundario es la manufactura y la construcción, sin embargo con relación a la primera actividad la mano de obra es mejor remunerada, siendo parte de esta población del sector rural que se constituye en un sector dinámico para la edificación de viviendas, el sector terciario de la economía es el comercio al por mayor y menor, encontrando también otros servicios; domestico, transporte y otros considerando que son necesarios para que las actividades primarias se desarrollen (GAD Girón, 2014-2019).

Tabla 25. Actividades Económico Productivas del cantón Girón.

RAMA DE ACTIVIDAD	% PEA
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	48.0 %
Construcción	10.8 %
Comercio al por mayor y menor	9.4 %
Industrias manufactureras	5.9 %
No declarado	4.2 %
Transporte y almacenamiento	3.4 %
Administración pública y defensa	2.8 %
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	2.7 %
Actividades de los hogares como empleadores	2.5 %
Enseñanza	2.2 %
Trabajador nuevo	2.2 %
Otras actividades de servicios	1.4 %

Fuente: (GAD Girón, 2014-2019). Elaboración propia

Cobertura de suelos del cantón

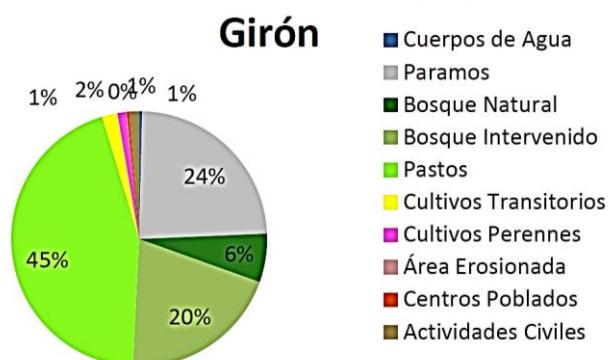


Figura 44. Uso del suelo del catón Girón

Fuente: (GAD Girón, 2014-2019)

En el cantón la cobertura de energía eléctrica alcanza valores cercanos al 98% en todas las zonas, a diferencia de otros servicios que únicamente alcanzas altas coberturas en zonas urbanas y esa tendencia se ha mantenido desde hace varios años

en todo el catón; hay que notar que el uso de cualquier otro tipo de energía prácticamente es nulo y más bien tiene valores entre el 2 y 4% de las viviendas que carecen del servicio (GAD Girón, 2014-2019).

Tabla 26. Cobertura de energía eléctrica del cantón Girón

Parroquia	Empresa Eléctrica de servicio público	%	Panel Generador u otro	%	No tiene	%	Total
Girón	2.209	96,34	2	0,09	82	3,58	2.293
La Asunción	818	97,5	1	0,12	20	2,38	839
San Gerardo	279	97,55	1	0,35	6	2,1	286
Total	3.306	96,72	4	0,12	108	3,16	3.418

Fuente: (GAD Girón, 2014-2019)

En el catón Girón el número de medidores que se dispone en general es inferior al número de viviendas, lo que hace suponer que existen algunas viviendas que comparten un solo medidor, existiendo en el catón Girón un total de 3.283 medidores y 3.411 viviendas por lo que existen algunas viviendas que no cuentan con medidor propio, por lo que se debe tener disponibilidad de servicio eléctrico para cubrir la demanda del cantón que a medida que pasa el tiempo va en crecimiento.

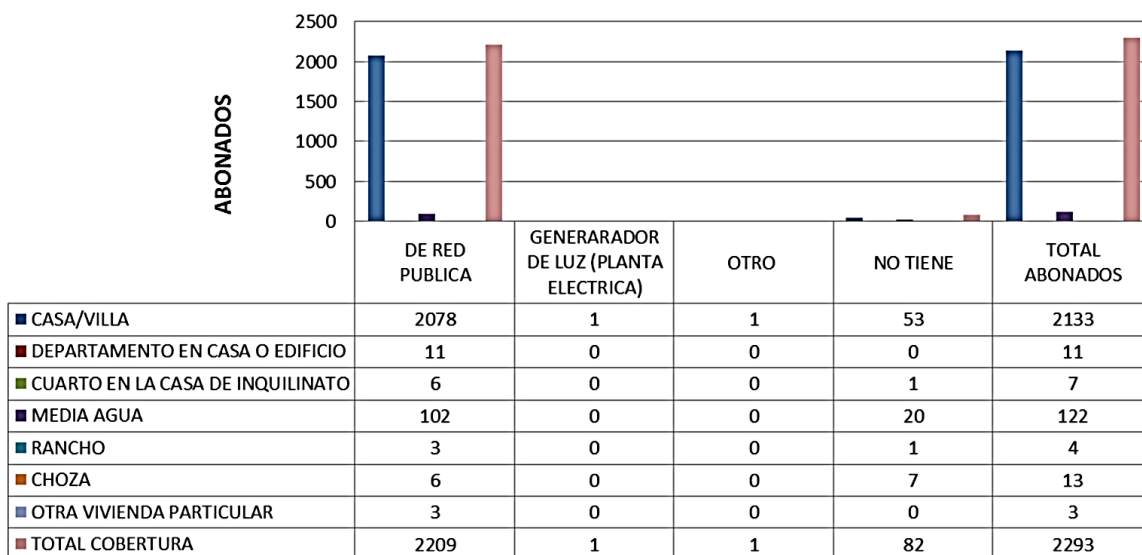


Figura 45. Energía eléctrica por tipo de vivienda en el catón Girón

Fuente: (GAD Girón, 2014-2019)

5.2. Levantamiento de la Información conseguida en Recolección conjunta de Datos Técnicos para la proyección de los diseños

5.2.1 Estudio de pre factibilidad para la construcción de una pequeña central hidroeléctrica

La energía eléctrica les permite a las comunidades mejorar su calidad de vida ya que con ella es posible realizar actividades cotidianas como cocinar y lavar, contribuye a la seguridad y favorece al desarrollo industrial y comercial; el aprovechamiento de los recursos hídricos como respuesta a la creciente demanda de energía eléctrica se ha convertido en un factor definitivo para el desarrollo económico y social de comunidades aisladas, para proyectos que buscan minimizar costos en el consumo de energía, o proyectos como los planteados que además de buscar minimizar costos buscan alinearse con filosofías y políticas de sostenibilidad (Castañeda Acosta, 2016).

Una pequeña central hidroeléctrica PCH está conformada por un conjunto de obras civiles, estructuras hidráulicas y equipos electromecánicos, donde la energía hidroeléctrica es la resultante de la conversión de energía hidráulica en mecánica a través de una turbina, para luego ser transformada en energía eléctrica por medio de un generador siendo está distribuida a los diferentes centros de consumo, donde tanto el voltaje como la frecuencias son dos parámetros eléctricos que deben mantenerse constantes a lo largo de la conversión y para ello se requiere de un regulador de voltaje en la fase eléctrica y un regulador para la velocidad en la fase mecánica (Castañeda Acosta, 2016).

5.2.2 Componentes principales de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Obras civiles:

Bocatoma: es la obra mediante la cual se toma o deriva el caudal necesario para satisfacer la potencia de diseño; en la medida de lo posible debe estar ubicada en un punto alto para ganar altura y tener mayor caída o energía.

Obras de conducción: son las encargadas de transportar desde la bocatoma hasta el tanque de carga o presión, mediante un canal, un túnel o tubería.

Desarenador: es un tanque que se construye al final de la obra de conducción con el objetivo de disminuir la velocidad del agua y poder retirar las partículas suspendidas que contiene el agua a través de la decantación.

Tanque de presión o carga: termina de frenar el agua, manteniendo la velocidad del agua casi igual a cero, se empalman a esta obra las tuberías de presión que conducen el agua a la casa de máquinas y se ayuda a evitar el golpe de ariete.

Aliviadero: se encarga de verter al curso natural o río el posible exceso de caudal de la bocatoma evitando daños en la estructura del canal.

Anclajes: estructuras encargadas de sujetar la tubería de presión por efecto de la presión del agua y por las dilataciones que sufre la tubería debido a cambios de temperatura.

Casa de máquinas: dentro de esta construcción se encuentra localizados los equipos electromecánicos encargados de transformar la energía hidráulica en mecánica y luego en eléctrica.

Canal de salida de agua turbinada: sirve para conducir nuevamente a su cauce el agua que se derivó para turbinar o generar energía eléctrica.

Estructuras hidráulicas:

- Tubería de presión: transporta el caudal de diseño desde el tanque de presión o cargas hasta la turbina.
- Compuertas: se utilizan para regular la entrada o salida de caudal en diferentes partes del sistema según su diseño.
- Válvulas: ubicada en la tubería de presión para controlar la entrada o el impedir el flujo de caudal.

Equipo electromecánico:

Turbina: es la estructura mecánica encargada de convertir la energía hidráulica en mecánica que a la vez activa el generador, teniendo en cuenta que existen tipos de turbinas según la dirección del caudal, la velocidad de la turbina o según la forma en que se transforma la energía hidráulica en mecánica.

Generador: es el equipo encargado de transformar la energía mecánica en eléctrica; formado a partir de dos elementos, un estator o inducido y un rotor o inductor que generan un campo electromagnético originando la corriente eléctrica, ya que el rotor al girar por acción del eje de la turbina rompe el campo electromagnético y produce una corriente de electrones (Castañeda Acosta, 2016).

Existen otros elementos complementarios como son: la subestación, barraje, reguladores, alarmas, protecciones, tableros de medida y sistemas de comunicación entre otros. Como consideraciones para el diseño de la pequeña central hidroeléctrica PCH se debe tomar en cuenta:

La bocatoma en su parte inicial cuenta con un dique que se encarga de intervenir el cauce del río y facilita desviar el agua que queda retenida en él hacia la obra de conducción, contando además con una rejilla para evitar el paso de residuos. En las obras de conducción se deberán evaluar criterios técnicos como la topografía y criterios económicos como su longitud, entre más larga sea la conducción más costosa será, su pendiente estará en función de lograr una baja sedimentación, pero a la vez baja erosión en el canal de conducción.

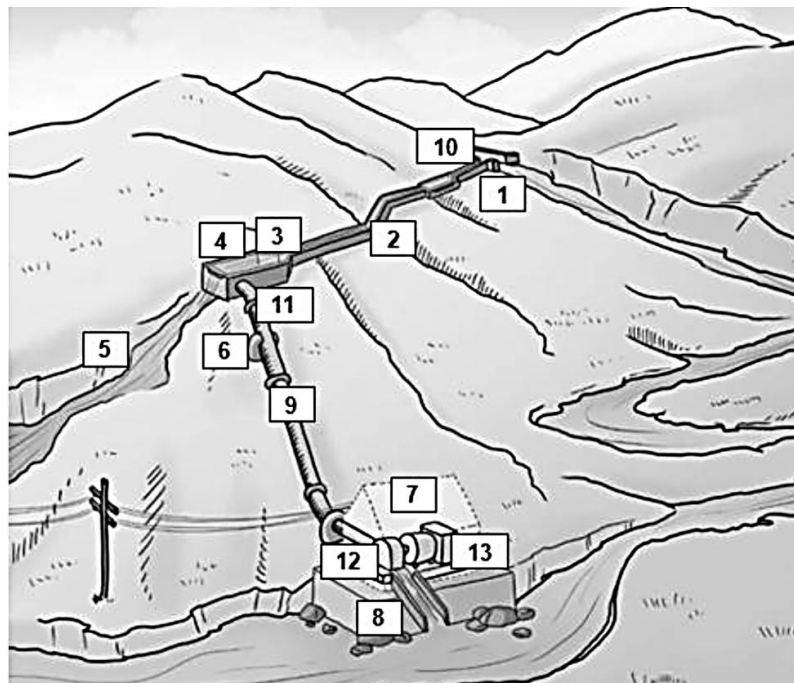


Figura 46. Elementos que componen una Pequeña Central Hidroeléctrica

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

El tanque desarenador debe tener mayores dimensiones que la obra de conducción, escogiendo un tamaño de partícula inferior para el cual el tanque es capaz de decantar, es decir debe ser capaz de decantar las partículas que tengan un diámetro superior al escogido para el diseño.

El tanque de presión o carga debe garantizar que no entren burbujas de aire en la tubería de presión para evitar la cavitación y cuenta con un pequeño volumen de reserva en caso de que la turbina lo requiera.

Los aliviaderos pueden ser de fondo o de superficie, generalmente se construyen sobre una pared del canal de conducción y disponen de compuertas para controlar el paso del agua.

En la tubería de presión se deben diseñar varias válvulas capaces de disipar energía o de regular el flujo hacia las turbinas según sea la necesidad

El número de anclajes que se disponen a lo largo de la tubería de presión dependen de las condiciones topográficas y del material de la tubería.

5.2.3 Proyección de las diferentes obras y estructuras para la construcción de una pequeña central hidroeléctrica en los diferentes cantones.

5.2.3.1 Obra de captación.

Ya que no se tiene proyectada esta obra el almacenamiento del recurso se proyectara por medio de una derivación a filo de agua; donde el agua captada debe estar en lo posible libre de sólidos para evitar daños o colmatación en las estructuras y equipos evitando su taponamiento u obstrucciones del caudal, además se deberá hacer un constante ,mantenimiento en el filtro de la captación liberando espacios que permitan el libre flujo del caudal, la obra debe ser lo más sencilla posible favoreciendo su mantenimiento.

Sería bueno que la estructura de captación cuente con una rejilla que permita la limpieza de la bocatoma por la acumulación de sedimentos (Castañeda Acosta, 2016).

5.2.3.2 Predimensionamiento de la toma de agua

Los parámetros necesarios para dimensionar la bocatoma partiendo del caudal que sea captado se rige bajo la siguiente formula y parámetros:

$$Q = c \times \mu \times b \times L \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Donde:

c: Coeficiente de contracción, μ : Coeficiente de derrame de la rejilla, b: Ancho del vertedero, L: longitud de la rejilla, g: Aceleración de la gravedad, h: Altura inicial de la lámina de agua.

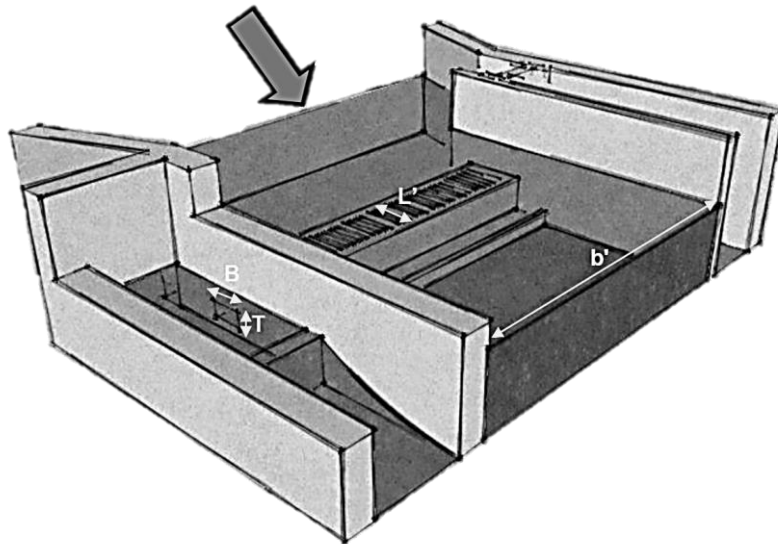


Figura 47. Esquema general de la bocatoma.

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

Parámetros:

Caudal de captación $Q_d = 1.9\text{m}^3/\text{s}$, según análisis hidrológico

Nivel mínimo de aguas $h_o = 0.2\text{m}$, con periodo de retorno de 2 años

Coeficiente de derrame $\mu = 0.8$, barras rectangulares, está en función de las características de la rejilla que varía entre 0.68 y 0.95.

Angulo de inclinación $\beta = 26^\circ$. Este ángulo determina la inclinación de la rejilla.

Coefficiente de captación $X = 0.8$. Este coeficiente está en función del grado de inclinación β .

Coefficiente de contracción de la reja $c = 0.341$. Este coeficiente está en función de la disposición de las barras.

5.2.3.3 Predimensionamiento del canal colector

El canal colector tiene como ancho B la componente horizontal de la rejilla, y la profundidad del canal colector T se estima igual a su ancho B y se rige a la siguiente fórmula:

$$B = L' \cos \beta$$

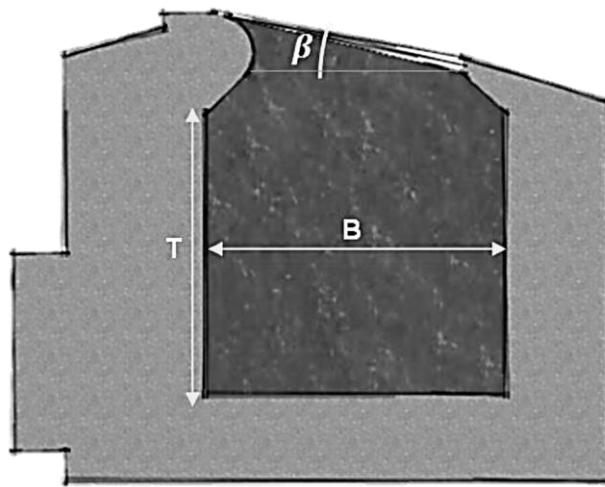


Figura 48. Dimensiones del canal colector.

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

El canal colector debe estar diseñado para condiciones de flujo subcrítico, la manera de comprobar que esta condición se cumpla es por medio de la comparación de velocidades, si la velocidad final del canal colector es menor que la crítica se da por acertado el Predimensionamiento (Castañeda Acosta, 2016). La profundidad crítica se calcula como:

$$Y_c = \left(\frac{Q_d^2}{g \times B^2} \right)^{1/3}$$

Donde:

Q_d^2 : Caudal de diseño.

B : Ancho del canal colector.

g : Gravedad

5.2.3.4 Obra de conducción

La obra de conducción se encarga de transportar el caudal de diseño destinado para la generación de energía eléctrica desde la bocatoma hasta el tanque de presión o carga. Para esta obra se procurará que vaya por la misma curva de nivel o con la misma altura que el punto de la bocatoma, tratando de evitar grandes accidentes topográficos.

5.2.3.5 Predimensionamiento de la conducción

Para la conducción se preferirá que el flujo a lo largo de ella sea un flujo laminar, por lo que se busca que la velocidad y la altura sean iguales a lo largo de la estructura, la ecuación de Manning aplica para los cálculos de realizarse. Ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

v: velocidad m/s n: coeficiente de rugosidad o n de Manning A: Área m²

R: Radio hidráulico m. S: Pendiente de la línea de energía.

También es importante que la velocidad que lleva el flujo sea capaz de evitar la sedimentación, para esto se recomienda no trabajar con una velocidad menor a 2 pies/s a su vez debe ser capaz de evitar socavación como consecuencia de velocidades muy altas, se aconseja que la velocidad no exceda los 5m/s. $Q = A \times v$

Dónde: Q: caudal m³. A: Área m². v: Velocidad m/s

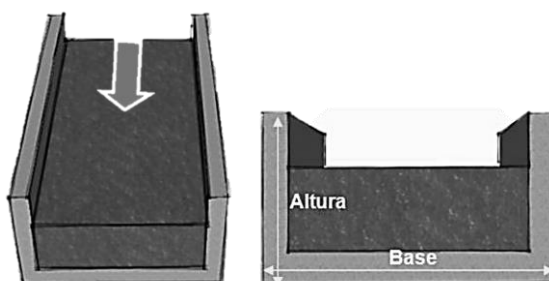


Figura 49. Corte y perspectiva de la conducción

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

5.2.3.6 Predimensionamiento del tanque de carga

Este tanque se encargara de unir el sistema de baja presión con el de alta presión, es decir, que debe ser capaz de amortiguar las paradas bruscas, evitar que entre el aire al sistema de presión, evitar el paso de solidos a la tubería de presión, verter excesos y garantizar el volumen de agua necesario para la operación de la PCH (Castañeda Acosta, 2016).

Los parámetros a considerar son el caudal de captación (Qd), la altura total de la PCH (Hc), y la longitud de la tubería de presión (L); para lo cual el diámetro de la tubería de presión D se determina mediante la siguiente formula:

$$D = 1.27 \times \frac{Q^{0.4268}}{(H_B + h_s)^{0.1423}} \quad (\text{Bondschu})$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

HB: Altura bruta de la PCH

hs: Altura por efecto de golpe de ariete, se toma generalmente como un 30% de la altura bruta.

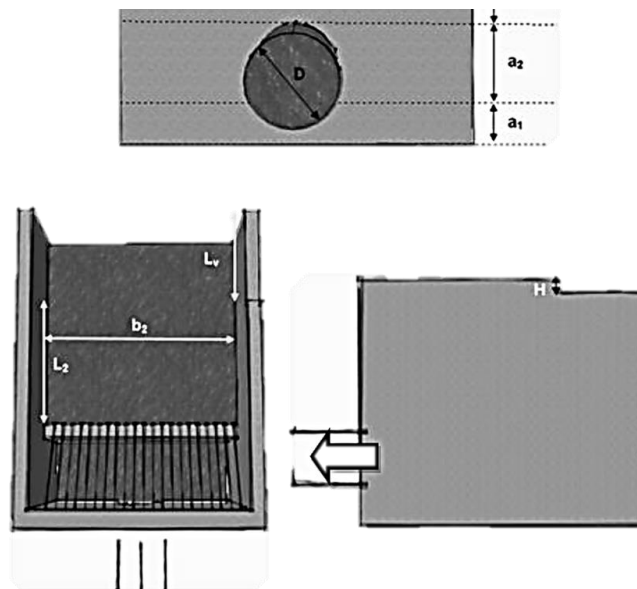


Figura 50. Tanque de carga

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

5.2.3.7 Tubería de presión y verificación de diámetro

La tubería de presión es la encargada de transportar el agua desde el tanque de carga hasta las turbinas ubicadas en la casa de máquinas, donde se transforma la energía hidráulica en energía mecánica. Para el diseño de la cámara de carga o tanque de carga se debe calcular el diámetro de esta tubería y es recomendable que con el diámetro calculado la velocidad no exceda los n m/s, el mismo que se puede verificar mediante la siguiente fórmula (Castañeda Acosta, 2016):

$$v = Q / A$$

5.2.3.8 Cálculo de pérdidas

Las pérdidas por conducción se pueden generar por la fricción que existe con los diversos elementos que componen el sistema de presión, de todas las pérdidas, las de fricción son las más importantes porque logran disminuir la caída bruta en un 10%, también tenemos las pérdidas por la rejilla que se encuentra en el tanque de carga, pérdidas en la entrada, que están en función del tipo de entrada que se seleccione, y también tenemos las pérdidas en las válvulas dependiendo del tipo de válvula; de acuerdo a las pérdidas estimadas anteriormente, se determina que la pérdida total es igual a:

$$H \text{ totales} = h \text{ rejilla} + h \text{ entrada} + h \text{ fricción} + h \text{ válvula}$$

Las pérdidas generan una disminución en la cabeza de energía disponible tomada inicialmente, se debe volver a calcular la potencia que realmente se pueda generar.

5.2.4 Aproximación del equipo mecánico de una pequeña central hidroeléctrica

El equipo mecánico se encuentra en la casa de máquinas, por lo que se procura que la casa de máquinas quede ubicada cerca del cauce que recibirá el agua turbinada para evitar distancias largas de conducción y no encarecer el proyecto. El caudal, la caída neta, la velocidad específica y el costo son algunos de los criterios técnicos y económicos más importantes en el momento de seleccionar la turbina (Castañeda Acosta, 2016).

La velocidad específica de una turbina en función a la potencia, la caída y la velocidad de giro en revoluciones por minuto es la siguiente:

$$n_s = \frac{n}{H} \times \sqrt{\frac{N}{\sqrt{H}}}$$

Donde:

n: Revoluciones por minuto

N: Potencia kW

H: Caída neta m

Seleccionando la turbina como criterio podemos ver que la turbina Pelton es la recomendada para este tipo de pequeñas centrales hidroeléctricas por la velocidad y la caída neta de la central.

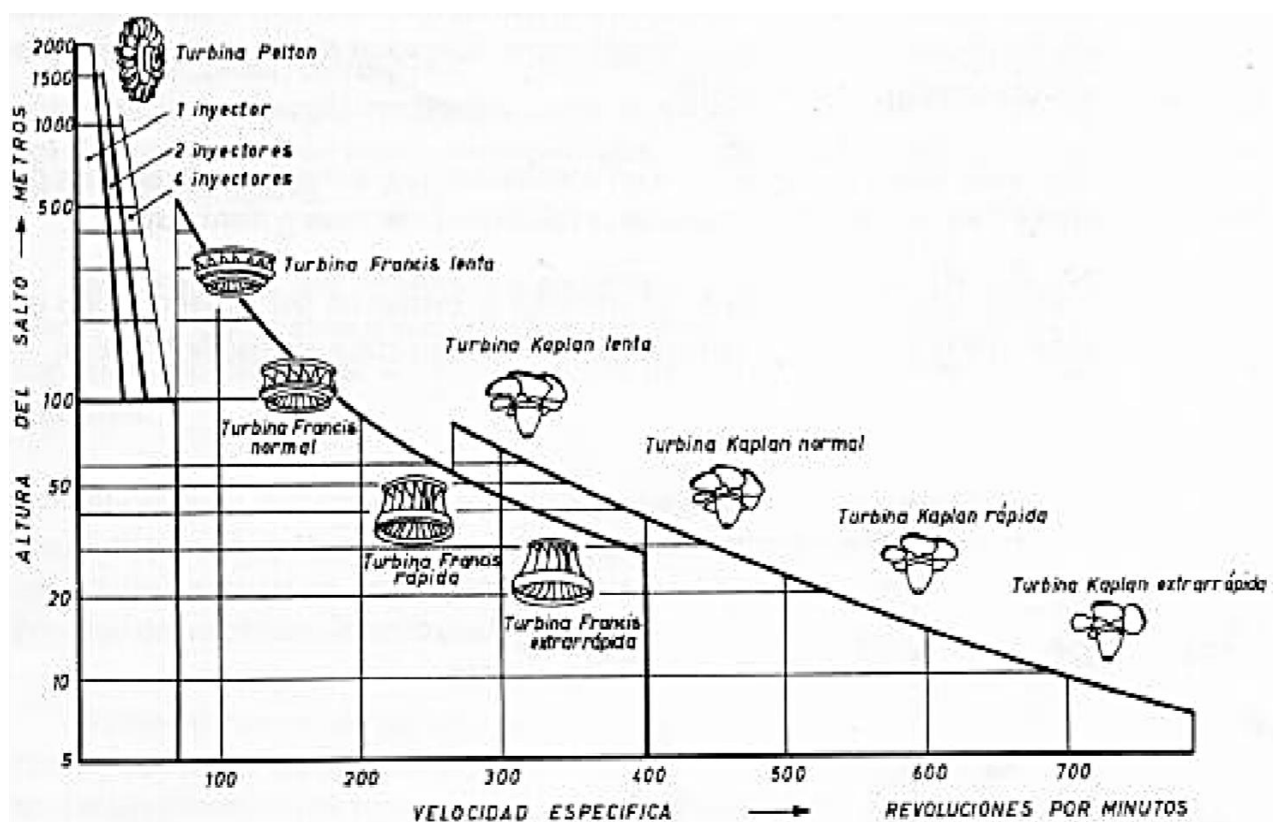


Figura 51. Velocidad específica y caída neta como criterios de selección

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

La selección de la turbina se puede hacer también de una forma aproximada con base en la caída y el caudal, observando en el siguiente gráfico que la turbina Pelton es la más apta para el diseño de estos proyectos, se debe tratar de facilitar la consecución de repuestos para su mantenimiento (Castañeda Acosta, 2016).

Las dos graficas observadas coinciden en recomendar la implementación de una turbina Pelton.

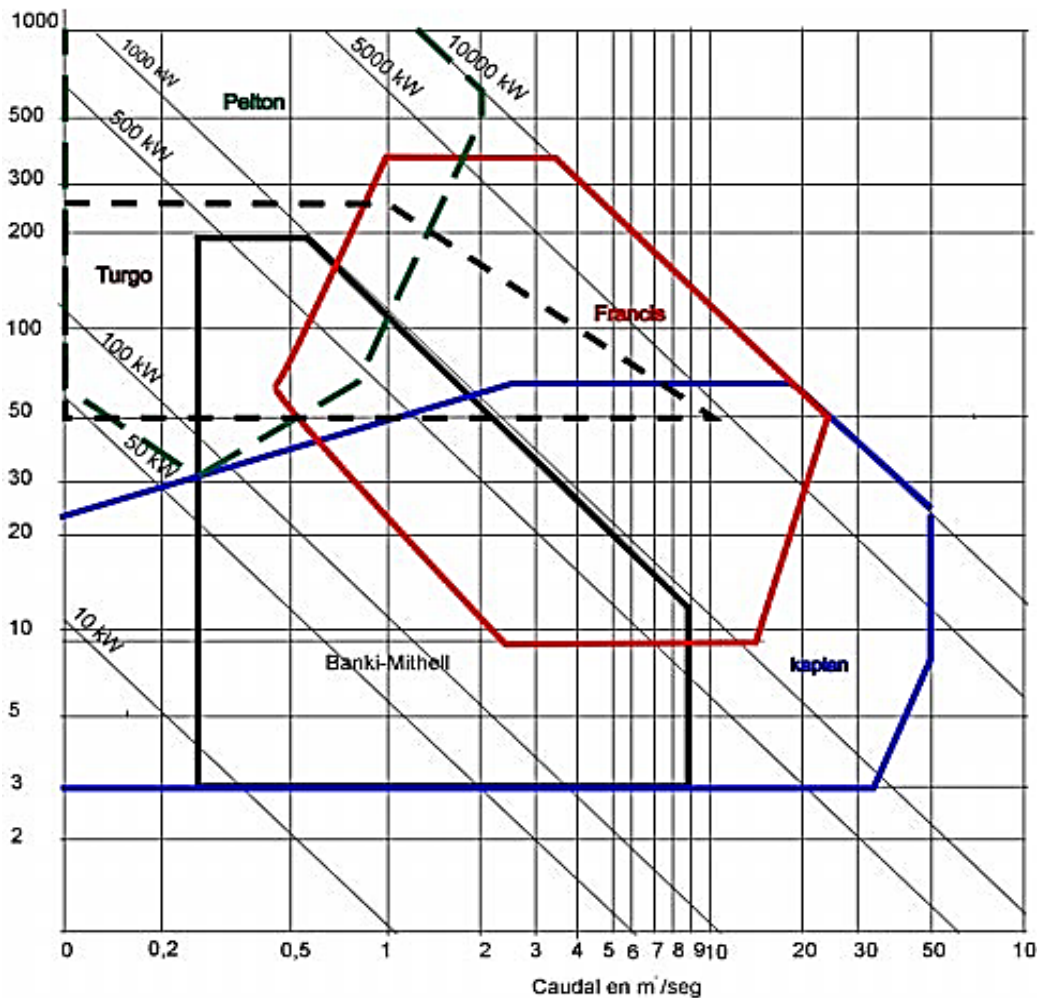


Figura 52. Diagrama para la selección de turbinas

Fuente: (Castañeda Acosta, 2016)

5.2.5 Aproximación del equipo eléctrico de una pequeña central hidroeléctrica

El generador de energía es el encargado de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, debido a que esta generación se realiza a una velocidad mecánica constante es necesario que exista un correcto acople entre el eje de la turbina y el eje del generador, haciendo que estos dos equipos giren a la misma velocidad mecánica y cualquier cambio en la demanda obligue al sistema a acoplarse de manera conjunta. Por la capacidad de generación y la necesidad de un suministro continuo para la

elección del equipo de generación se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros (Castañeda Acosta, 2016):

- Potencia nominal
- Número de fases
- Factor de potencia
- Velocidad síncrona nominal rpm
- Voltaje de salida
- Frecuencia de operación
- Regulador de voltaje
- Protecciones eléctricas
- Sistema de puesta tierra
- Sistema de excitación
- Regulador de velocidad

El transformador principal será de tipo elevador con el voltaje, tipo de conexión recomendado por el fabricante y una capacidad de un 30% por encima de la carga total del generador y contendrá: indicador de nivel de aceite, válvula de drenaje, conmutador de taps, placas, entre otras protecciones, teniendo en cuenta también parámetros como (Castañeda Acosta, 2016):

- Tensión primaria nominal
- Tensión secundaria nominal
- Tipo de conexión del transformador
- Sistema relé de protección y señal de alarma sonora

Entre equipos eléctricos auxiliares se deberá contemplar el equipo de control, interruptores, seccionadores y tableros necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos pues no es recomendable hacer montajes con diferentes tipos, marcas y proveedores de los equipos para estos sistemas (Castañeda Acosta, 2016).

5.3. Desarrollo de Fichas Técnicas, Análisis y Comparación de la Información

5.3.1 Fichas técnicas de resumen, características y datos técnicos de los proyectos planteados

Tabla 27. Ficha técnica de Resumen, Proyecto Hidroeléctrico Rircay

FICHA TÉCNICA DE RESUMEN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO RIRCAY (3,10 MW)	
DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Rio	<i>Rircay</i>
Potencia (MW)	<i>3,10</i>
Provincia	<i>Azuay</i>
Cantón	<i>Girón</i>
Nivel de estudio	<i>Inventario</i>
Sistema hidrográfico	<i>Jubones</i>
Vertiente	<i>Pacífico</i>
Ubicación – Coordenadas	<i>79° 9´ y 3° 12´ de la toma y 79° 12´ y 3° 15´ de la central</i>
Superficie total	<i>350 Km² que representa el 4,2% del territorio de la provincia</i>
Altura	<i>2162 msnm</i>
Hidrografía	<i>Cuenta con las vertientes y ríos: El Chorro, Portete, Pucucari, Cebadillas, Rosas, San Gregorio, Curiquinga, Río Burro, Santa Ana, Rircay, Girón</i>
Clima	<i>De 8 a 18° C</i>
Demografía	<i>13,191 habitantes, donde la zona rural es más habitada que la urbana</i>
Indicadores económicos	<i>Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, comercio, construcción</i>
Cobertura energética	<i>97%, existiendo viviendas sin medidor eléctrico propio</i>
Disponibilidad de recursos	<i>Se dispone del recurso principal (agua), además de una variedad de recursos primarios</i>

Área protegida y uso del suelo	<i>No existe Áreas protegidas en el trayecto, y hay disponibilidad del terreno</i>
Beneficios para la comunidad	Implementación de sistemas de agua potable, Letrinización, alcantarillado, gestión de residuos sólidos, mejoramiento de infraestructura, generación de fuentes de trabajo y empleo, aporte energético al cantón y la provincia.
Obras civiles	<i>Bocatoma, conducción, desarenador, tanque de presión, aliviaderos, anclajes, casa de máquinas, canal de salida</i>
Estructuras hidráulicas	<i>Tubería de presión, compuertas, válvulas</i>
Equipo electromecánico	<i>Turbina, Generador</i>
Equipo eléctrico	<i>Transformador, equipos de control, interruptores, seccionadores, tableros de medición y control</i>
Caudal de diseño (m³/s)	1,7
Caída bruta (m)	230,0
Altura de la presa o azud (m)	4,0
Energía primaria estimada (GWh/año)	17,0
Energía secundaria estimada (GWh/año)	4,0
Energía media estimada (GWh/año)	21,0
Costo unitario (USD/KW)	4,233
Costo total aproximado (Millones USD)	13,1
Factor de planta aproximado	77%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Ficha técnica de Resumen, Proyecto Hidroeléctrico Río Burro

FICHA TÉCNICA DE RESUMEN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO RÍO BURRO (10,6 MW)	
DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
<i>Río</i>	<i>El Burro</i>
<i>Potencia (MW)</i>	<i>10,6</i>
<i>Provincia</i>	<i>Azuay</i>
<i>Cantón</i>	<i>Girón</i>
<i>Nivel de estudio</i>	<i>Inventario</i>
<i>Sistema hidrográfico</i>	<i>Jubones</i>
<i>Vertiente</i>	<i>Pacífico</i>
<i>Ubicación – Coordenadas</i>	<i>79° 9´ y 3° 12´ de la toma y 79° 12´ y 3° 15´ de la central</i>
<i>Superficie total</i>	<i>350 Km² que representa el 4,2% del territorio de la provincia</i>
<i>Altura</i>	<i>2162 msnm</i>
<i>Hidrografía</i>	<i>El Chorro, Portete, Pucucari, Cebadillas, Rosas, San Gregorio, Curiquina, Río Burro, Santa Ana, Rircay, Girón</i>
<i>Clima</i>	<i>De 8 a 18° C</i>
<i>Demografía</i>	<i>13,191 habitantes, donde la zona rural es más habitada que la urbana</i>
<i>Indicadores económicos</i>	<i>Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, comercio, construcción</i>
<i>Cobertura energética</i>	<i>97%, existiendo viviendas sin medidor eléctrico propio</i>
<i>Disponibilidad de recursos</i>	<i>Se dispone del recurso principal (agua), además de una variedad de recursos primarios</i>

Área protegida y uso del suelo	<i>No existe Áreas protegidas en el trayecto, y hay disponibilidad del terreno</i>
Beneficios para la comunidad	Implementación de sistemas de agua potable, Letrinización, alcantarillado, gestión de residuos sólidos, mejoramiento de infraestructura, generación de fuentes de trabajo y empleo, aporte energético al cantón y la provincia.
Obras civiles	<i>Bocatoma, conducción, desarenador, tanque de presión, aliviaderos, anclajes, casa de máquinas, canal de salida</i>
Estructuras hidráulicas	<i>Tubería de presión, compuertas, válvulas</i>
Equipo electromecánico	<i>Turbina, Generador</i>
Equipo eléctrico	<i>Transformador, equipos de control, interruptores, seccionadores, tableros de medición y control</i>
Caudal de diseño (m³/s)	1,5
Caudal medio (m³/s)	2,28
Caída bruta (m)	832,78
Altura de la presa o azud (m)	1,29
Cota de cierre (m.s.n.m)	2305,0
Longitud de la tubería de presión (m)	904,16
Diámetro de la tubería de presión (m)	0,62
Caída neta (m)	802,27
Energía media estimada (GWh/año)	60,36
Costo unitario (USD/KW)	5,30
Costo total aproximado (Millones USD)	29,2
Factor de planta aproximado	65%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Ficha técnica de Resumen, Proyecto Hidroeléctrico San Francisco II

FICHA TÉCNICA DE RESUMEN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN FRANCISCO II (9,4 MW)	
DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Río	<i>San Francisco</i>
Potencia (MW)	<i>9,4</i>
Provincia	<i>Azuay</i>
Cantón	<i>Santa Isabel</i>
Nivel de estudio	<i>Inventario</i>
Sistema hidrográfico	<i>Jubones</i>
Vertiente	<i>Pacífico</i>
Ubicación – Coordenadas	<i>79° 12' 2" y 3° 13' 9"</i>
Superficie total	<i>771,41 Km² que representa el 9,63% del territorio de la provincia</i>
Altura	<i>De 600 hasta 3600 msnm</i>
Hidrografía	<i>Cuenta con las vertientes y ríos: Rircay, Minas, San Francisco, Naranjos, Girón, Mandur</i>
Clima	<i>De 6 a 30° C</i>
Demografía	<i>18,400 habitantes, donde la zona rural es más habitada que la urbana</i>
Indicadores económicos	<i>Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, comercio, construcción</i>
Cobertura energética	<i>98%, existiendo viviendas sin medidor eléctrico propio</i>
Disponibilidad de recursos	<i>Se dispone del recurso principal (agua), además de una variedad de recursos primarios</i>
Área protegida y uso del suelo	<i>No existe Áreas protegidas en el trayecto, y hay disponibilidad del terreno</i>
Beneficios para la comunidad	<i>Implementación de sistemas de agua potable, Letrinización, alcantarillado, gestión de residuos sólidos, mejoramiento de infraestructura, generación de fuentes de</i>

	trabajo y empleo, aporte energético al cantón y la provincia.
Obras civiles	<i>Bocatoma, conducción, desarenador, tanque de presión, aliviaderos, anclajes, casa de máquinas, canal de salida</i>
Estructuras hidráulicas	<i>Tubería de presión, compuertas, válvulas</i>
Equipo electromecánico	<i>Turbina, Generador</i>
Equipo eléctrico	<i>Transformador, equipos de control, interruptores, seccionadores, tableros de medición y control</i>
Caudal de diseño (m³/s)	2,3
Caída bruta (m)	505,7
Altura de la presa o azud (m)	2,3
Energía primaria estimada (GWh/año)	53,5
Energía media estimada (GWh/año)	53,5
Costo unitario (USD/kW)	2,93
Costo total aproximado (Millones USD)	27,6
Factor de planta aproximado	65%

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Estudio de la selección de los presentes proyectos mediante criterios de selección, pesos y puntuaciones

En el siguiente estudio realizó el análisis de cada uno de los pesos y criterios a tomar en cuenta al momento de elegir un proyecto que se considere “factible”, por esta razón basándonos en diferentes investigaciones, datos y estudios de los proyectos y de este tipo de análisis que se han realizado para diferentes proyectos hidroeléctricos, se aplicó a los proyectos elegidos en esta investigación para que mediante este estudio se ratifique la factibilidad de su desarrollo y el incentivo a realizar más investigaciones y proyectos de pre factibilidad para desarrollarlos en los diferentes cantones y comunidades brindando así aporte de energía eléctrica a la ciudad de Cuenca y

promoviendo la sostenibilidad y auto sustentación energética a través del uso de recursos de energía renovables.

Nombre del Proyecto Hidroeléctrico	Río	Potencia instalable (MW)	Nivel de estudio	Sistema Hidrográfico	Vertiente	Provincia	Cantón	Vías de Acceso	Tubería de presión
San Francisco II	San Francisco	9,400	Inventario	Jubones	Pacífico	Azuay	Santa Isabel	Carretera con vías de acceso en mal estado	Estudio de prefactibilidad
Rircay	Rircay	3,100	Inventario	Jubones	Pacífico	Azuay	Girón	Carretera con vías de acceso en mal estado	Estudio de prefactibilidad
El Burro	El Burro	10,600	Inventario	Jubones	Pacífico	Azuay	Girón	Carretera Cuenca-Girón-Machala, Leocápac, vía de acceso en mal estado	Estudio de prefactibilidad

Figura 53. Proyectos Hidroeléctricos seleccionados

Fuente: Elaboración propia

Desarenador	Tipo de Turbina	Caudal de Diseño (m ³ /s)	Caída Bruta (m)	Altura de la presa o azud (m)	Energía media estimada (GWh/año)	Costo unitario (USD/kW)	Costo Total aproximado (Millones USD)	Factor de planta aproximado	Áreas Protegidas
Estudio de prefactibilidad	Pélton	2,30	505,7	2,3	53,52	2,930	27,60	65%	NO
Estudio de prefactibilidad	Pélton	1,70	230,0	4,0	21,00	4,233	13,10	77%	NO
Estudio de prefactibilidad	Pélton	1,50	832,8	1,3	60,36	5,300	29,20	65%	NO

Figura 54. Proyectos Hidroeléctricos seleccionados para estudio de factibilidad

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 53 y 54 se puede observar los datos de los diferentes proyectos seleccionados, datos con los cuales se procederá a realizar el estudio de factibilidad de los mismos, con los datos más relevantes de cada proyecto, para considerar su implementación.

Tabla 30. Análisis de los principales criterios para la selección de los Proyectos

Análisis de los Criterios para la selección de los Proyectos Hidroeléctricos planteados					
Puntuaciones	5	4	3	2	1
Potencia	Entre 1 y 5 MW	Entre 0.5 y 1 MW	Mayores a 5 MW		
Nivel de Estudio	Diseño definitivo	Anteproyecto	Factibilidad	Prefactibilidad - Inventario	Proyectos sin ningún tipo de estudio.
Vertiente	Pacífico		Amazonas		
Vías de acceso	Proyectos que poseen vías de acceso de primer orden.	Proyectos con vías de acceso lastradas.	Proyectos con vías de acceso en mal estado.		Proyectos que no tienen vías de acceso.
Tubería de presión	Proyectos sin tubería de presión		Estudios de Prefactibilidad		Proyectos con tubería de presión
Desarenador	Proyectos con Desarenador		Estudios de Prefactibilidad		Proyectos sin Desarenador
Tipo de Turbina	Pélton	Francis	Kaplan		
Caudal de Diseño (m ³ /s)	Mayores a 5 m ³ /s	De 4 a 5 m ³ /s	De 2 a 4 m ³ /s	De 1,5 a 2 m ³ /s	De 1 a 1,5 m ³ /s
Caída Bruta (m)	Caída bruta ≥ 400m	100m < Caída Bruta < 400m		50 < Caída Bruta < 100	Caída Bruta < 50m
Altura de la presa o azud (m)	Altura Azud < 2m		2m < Altura Azud < 5m		Valores mayores a 5m
Energía media estimada (GWh/año)	Proyectos mayores a 40	Proyectos de 30 a 40	Proyectos de 20 a 30	Proyectos de 10 a 20	Proyectos de 0 a 10
Costo unitario (USD/kW)	entre 0 y 2.4 USD/kW	entre 2.4 y 4.8 USD/kW	entre 4.8 y 7.2 USD/kW	entre 7.2 y 9.6 USD/kW	Mayor a 9.6 USD/kW
Costo Total aproximado (Millones USD)	Proyectos menores a 10	Proyectos de 10 a 20	Proyectos de 20 a 30	Proyectos de 30 a 40	Proyectos de 40 a 50
Factor de planta aproximado	Valores mayores a 0,7		0,5 = < Factor de planta = < 0,7		n/d
Área Protegida	No pertenece a una área protegida				Pertenece a una área protegida

Fuente: Elaboración propia

Aquí en la Tabla 30 se puede observar los diferentes criterios de selección para los proyectos hidroeléctricos planteados en el trabajo de investigación, así como los pesos, puntuaciones y características de cada uno de los criterios para aplicarlos al estudio, los criterios para el análisis se basaron en trabajos de investigación y recopilación de datos e información sobre el rango a interpretar y se analizó cada proyecto basado en estas puntuaciones.

En la siguiente figura se observa estudio y distribución de pesos para cada uno de los criterios de los proyectos hidroeléctricos, en este cuadro se otorgó la puntuación para cada uno de los criterios de selección para luego realizar una sumatoria y definir los proyectos que serán factibles para su implementación.

ESTUDIO DE PESOS																
La descripción para la selección de los criterios se muestra en la hoja "Criterios de selección"																
Nombre del Proyecto Hidroeléctrico	Potencia	Nivel de Estudio	Vertiente	Vías de Acceso	Tubería de presión	Desarenador	Tipo de Turbina	Caudal de Diseño (m ³ /s)	Caída Bruta (m)	Altura de la presa o azud (m)	Energía media estimada (GWh/año)	Costo unitario (USD/kW)	Costo Total aproximado (Millones USD)	Factor de planta aproximado	Area Protegida	Peso Total
SAN FRANCISCO II	3	2	5	3	3	3	5	3	5	3	5	4	3	3	5	55
RIRCA Y	5	2	5	3	3	3	5	2	4	3	3	4	5	5	5	57
EL BURRO	3	2	5	3	3	3	5	2	5	5	5	3	3	3	5	55

Figura 55. Estudio y distribución de pesos de acuerdo a los criterios

Fuente: Elaboración propia

NOMBRE PROYECTO	POTENCIA GENERADA (MW)	RESULTADOS Y PUNTUACIÓN DEL ESTUDIO	ANÁLISIS	OBSERVACIONES
PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN FRANCISCO II	9,4	55	FACTIBLE	Este proyecto cumple con la mayoría de criterios expuestos siendo factible con el 73,33% de probabilidad
PROYECTO HIDROELÉCTRICO RIRCA Y	3,1	57	FACTIBLE	El proyecto cumple con la mayoría de criterios expuestos siendo factible con el 76% de probabilidad
PROYECTO HIDROELÉCTRICO RÍO BURRO	10,6	55	FACTIBLE	El proyecto cumple con la mayoría de criterios expuestos siendo factible con el 73,33% de probabilidad

Figura 56. Puntuación y Factibilidad de los Proyectos

Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado el análisis en la figura 68 se observa que los proyectos seleccionados son aptos de acuerdo al estudio de los criterios y los datos recopilados, por lo que el proyecto hidroeléctrico San Francisco y Río Burro alcanzaron el 73,33% de factibilidad y el Proyecto Rircay alcanzo el 76%, por lo que se concluye que los Proyectos analizados son viables.

5.3.3 Comparación de la información entre los diferentes proyectos expuestos

Tabla 31. Cuadro Comparativo de los Proyecto Hidroeléctricos seleccionados

CUADRO COMPARATIVO DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS SELECCIONADOS			
PARAMETROS DE COMPARACIÓN	PROYECTO HIDROELÉCTRICO RIRCAY	PROYECTO HIDROELÉCTRICO RÍO BURRO	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN FRANCISCO
Potencia (MW)	3,10	10,6	9,4
Nivel de Estudio	<i>Inventario</i>	<i>Inventario</i>	<i>Inventario</i>
Sistema Hidrográfico	<i>Jubones</i>	<i>Jubones</i>	<i>Jubones</i>
Vertiente	<i>Pacífico</i>	<i>Pacífico</i>	<i>Pacífico</i>
Provincia	<i>Azuay</i>	<i>Azuay</i>	<i>Azuay</i>
Cantón	<i>Girón</i>	<i>Girón</i>	<i>Santa Isabel</i>
Vías de acceso	<i>Carreteras con vías de acceso en mal estado</i>	<i>Carreteras con vías de acceso en mal estado</i>	<i>Carreteras con vías de acceso en mal estado</i>
Hidrografía	<i>El Chorro, Portete, Cebadillas, San Gregorio, Curiquinga, Río Burro, Santa Ana, Rircay, Girón</i>		<i>Cuenta con las vertientes y ríos: Rircay, Minas, San Francisco, Naranjos, Girón, Mandur</i>
Demografía	<i>13,191 habitantes, zona rural más habitada que la urbana</i>		<i>18,400 habitantes, zona rural más habitada que la urbana</i>
Indicadores económicos	<i>Agricultura, ganadería, comercio, construcción</i>		
Cobertura energética	<i>97%, viviendas sin medidor eléctrico propio</i>		<i>98%, viviendas sin medidor eléctrico propio</i>
Disponibilidad de recursos	<i>Se dispone del recurso principal (agua), además de una variedad de recursos primarios</i>		
Área protegida y uso del suelo	<i>No existe Áreas protegidas en el trayecto, y hay disponibilidad del terreno</i>		

Obras civiles	<i>Bocatoma, conducción, desarenador, tanque de presión, aliviaderos, anclajes, casa de máquinas, canal de salida</i>		
Estructuras hidráulicas	<i>Tubería de presión, compuertas, válvulas</i>		
Equipo electromecánico	<i>Turbina, Generador</i>		
Equipo eléctrico	<i>Transformador, equipos de control, interruptores, seccionadores, tableros de medición y control</i>		
Tipo de Turbina	<i>Pelton</i>	<i>Pelton</i>	<i>Pelton</i>
Caudal de Diseño (m3/s)	<i>1,7</i>	<i>1,5</i>	<i>2,3</i>
Caída Bruta (m)	<i>230,0</i>	<i>832,8</i>	<i>505,7</i>
Altura de la presa o Azud (m)	<i>4,0</i>	<i>1,3</i>	<i>2,3</i>
Energía media estimada (GWh/año)	<i>21,0</i>	<i>60,36</i>	<i>53,52</i>
Costo Unitario (USD/kW)	<i>4,233</i>	<i>5,30</i>	<i>2,93</i>
Costo Total aproximado (Millones USD)	<i>13,10</i>	<i>29,20</i>	<i>27,60</i>
Factor de Planta aproximado	<i>77%</i>	<i>65%</i>	<i>65%</i>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se especifica los principales datos técnicos de los proyectos en los cuales se puede apreciar las semejanzas y diferencias significativas entre ellos, se encuentran ubicados cercanamente entre ellos, y con el objetivo de la recolección de datos e información para motivar la construcción e implementación de estas centrales que aportaran energía limpia a la comunidad local, a sus cantones y a la provincia, principalmente a la ciudad de Cuenca por su cercanía en términos de distancia de transmisión eléctrica, ya que el sistema de transmisión puede ser interconectado a las subestaciones próximas a la zona sur de la ciudad.

5.4. Representación Gráfica de los Sitios y Recursos Energéticos Renovables Disponibles

5.4.1 Estado de las vías de acceso y descripción general del terreno donde se encuentran ubicados los proyectos

El proyecto hidroeléctrico Rircay se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, en el cantón Girón siendo un proyecto que utilizara fuentes de energía renovable que generara 3,10 MW de energía eléctrica, utilizable para cubrir la demanda energética del catón Girón y distribuir la energía a la ciudad de Cuenca en beneficio de la provincia en general y fomentando la utilización de recursos modelos de metabolismo urbano.



Figura 57. Vía de acceso del Proyecto Rircay hasta la casa de máquinas

Fuente: Google maps. Elaboración propia

En la figura 57 se puede observar la vía de acceso desde la carretera E59 Cuenca – Machala hasta llegar a la Casa de máquinas, del proyecto hidroeléctrico Rircay, esta se encuentra en buen estado, y su accesibilidad es posible.

En la figura 58 se aprecia otra vía de acceso desde la carretera E59 Cuenca – Machala hasta llegar en esta ocasión a la Presa o Captación del proyecto Rircay, esta carretera se encuentra en buenas condiciones, y se puede llegar al sitio de destino.



Figura 58. Vía de acceso del Proyecto Rircay hasta la Presa o Captación.

Fuente: Google maps. Elaboración propia

A continuación se puede apreciar en las siguientes imágenes la distancia por carretera al proyecto Rircay, observando las vías de trayecto al terreno desde las subestaciones más cercanas a la ciudad de Cuenca, hasta el lugar donde se propone la ejecución del proyecto y una aproximación de distancia lineal, la misma que representaría la distancia en kilómetros del tendido de líneas de transmisión con una propuesta de nivel de tensión de 69 KV desde las subestaciones más cercanas a Cuenca las mismas que son, la subestación 08 de Turi y la subestación 14 de Lentag que forman parte del Sistema CENTROSUR, estableciendo que al obtener la energía producida al ejecutarse el proyecto desde la casa de máquinas y a través de las líneas de transmisión se puede distribuir la energía a las subestaciones, por ende a las comunidades cercanas y a la ciudad de Cuenca.

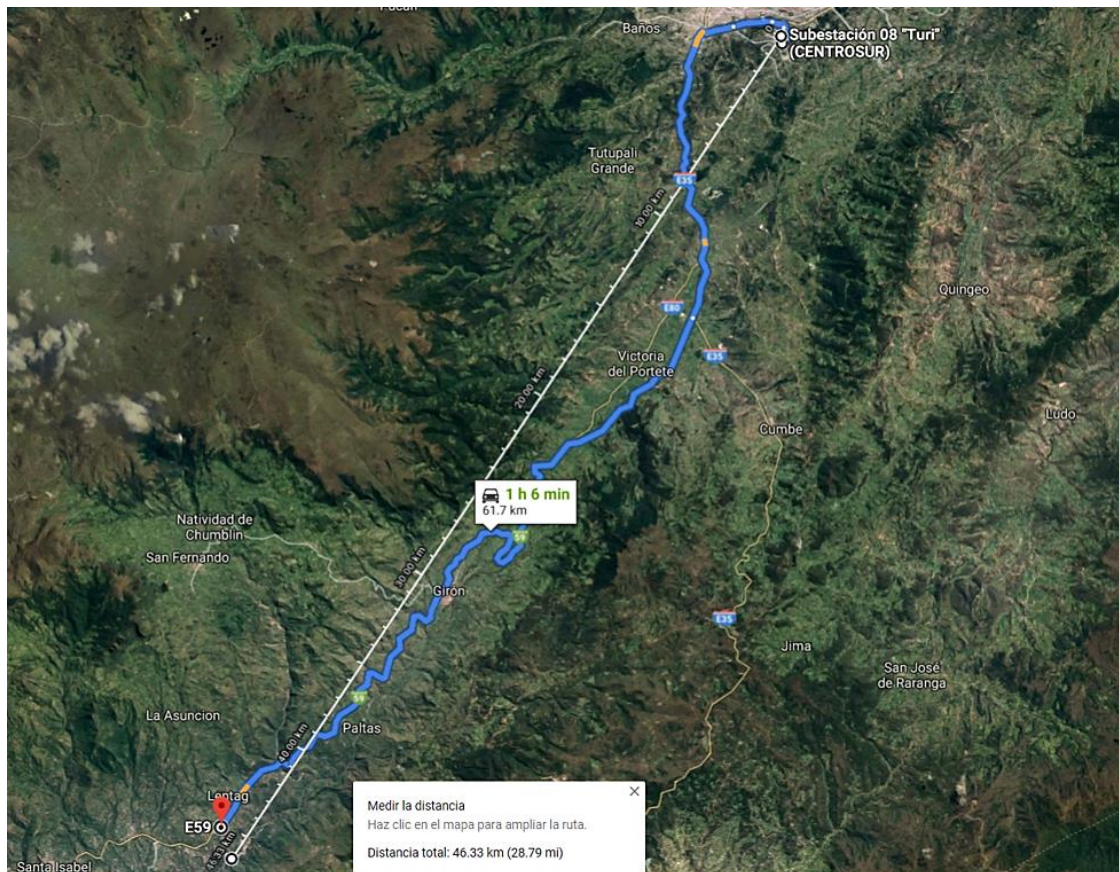


Figura 59. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Turi al proyecto Rircay

Fuente: Google maps. Elaboración propia

La distancia por carretera desde la subestación de Turi al lugar del proyecto es de 61.7 Km, con un tiempo estimado de 1 hora con 6 minutos en automóvil, y la distancia lineal que existe por la que se transportaría las redes de transmisión aproximadamente sería de 46.33 Km, transportando la energía producida por la pequeña central propuesta hasta esta subestación.

En la imagen 60 se puede observar la distancia por carretera y la distancia lineal desde la subestación de Lentag a la ubicación del proyecto Rircay, siendo estas distancias de 2.8 Km en automóvil y de 3.5 Km de distancia lineal para las líneas de transmisión propuestas.

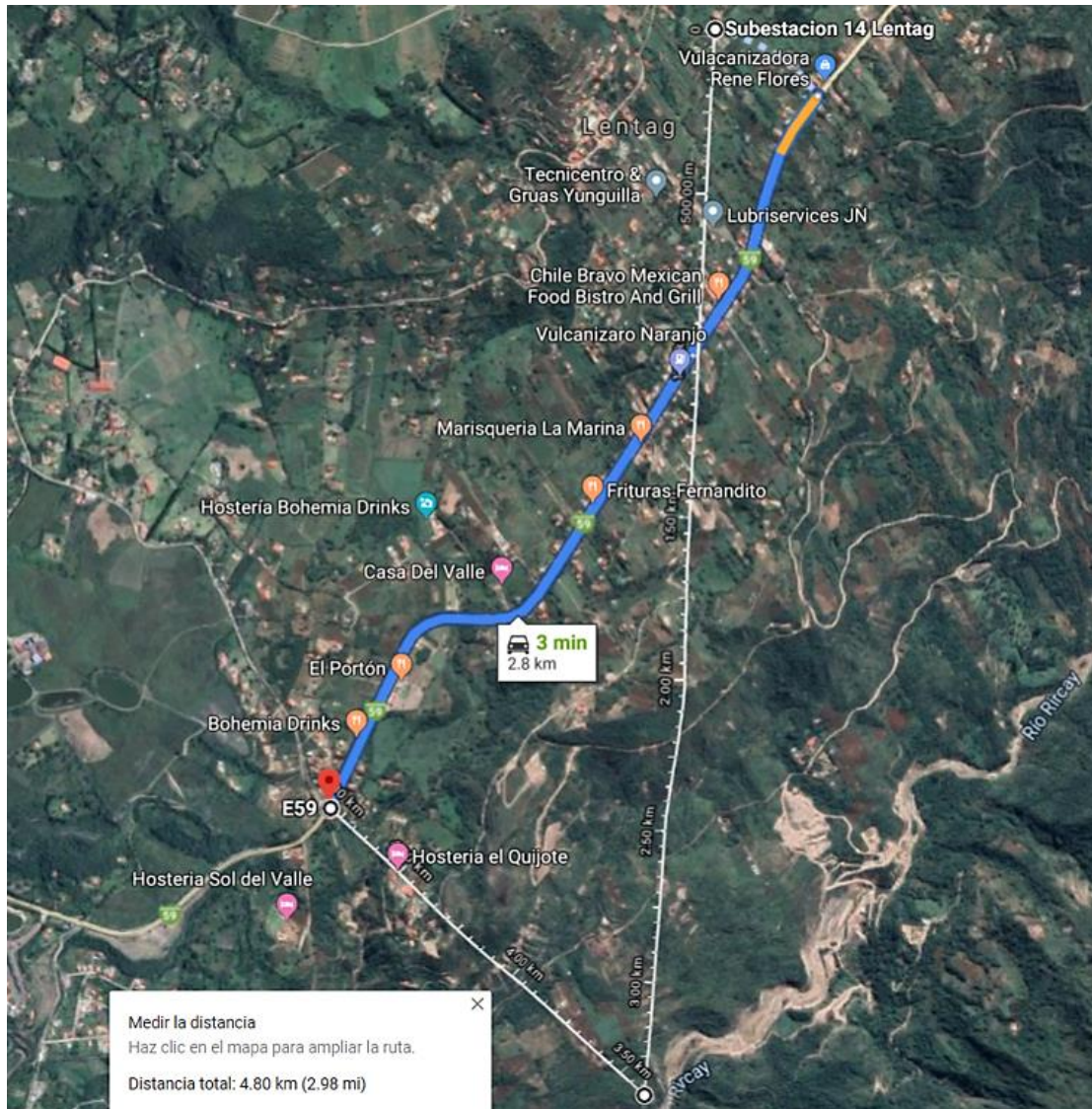


Figura 60. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Lentag - Rircay

Fuente: Google maps. Elaboración propia

El proyecto hidroeléctrico Río Burro se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, en el cantón Girón, el mismo que constituye una alternativa al aprovechamiento sobre el Río Burro perteneciente a la cuenca del Río Jubones, utilizando fuentes de energía renovable que generara 10,6 MW de energía eléctrica para cubrir la demanda energética del catón Girón y brindar aporte de energía a la ciudad de Cuenca incentivando la aplicación de fuente de recursos renovables primarios y fomentando la ejecución de proyectos similares que utilicen modelos de urbanización.



Figura 61. Vía de acceso del Proyecto Hidroeléctrico Río Burro hasta la Casa de Maquinas

Fuente: Google maps. Elaboración propia

En la figura 61 nos indica la vía de acceso desde la carretera E59 Cuenca – Machala, siguiendo por la Vía a Gigantones hasta llegar a donde se plantea la construcción de la casa de máquinas, la carreta principal se encuentra en buenas condiciones, mientras que la Vía a Gigantones se encuentra en mal estado, pero su accesibilidad hasta llegar al sitio es confiable y de fácil acceso.

En la figura 62 se visualiza la distancia por carretera desde la subestación 08 de Turi de la CENTROSUR, hasta el lugar de ubicación del proyecto hidroeléctrico Río Burro, con una distancia de 59.2 Km en automóvil a 1 hora con 7 minutos de recorrido, también se aprecia la distancia lineal que existe entre estos dos puntos, esta distancia lineal representa la propuesta de las líneas de transmisión desde donde va a estar ubicada la casa de máquinas del proyecto hasta la subestación con 40.17 Km aproximadamente.



Figura 62. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Turi al proyecto Río Burro

Fuente: Google maps. Elaboración propia

En la siguiente imagen se observa la ubicación de la subestación de Lentag en el cantón Giró, y la distancia por carretera que existe entre la subestación y la ubicación del proyecto Río Burro, habiendo una distancia de 6.7 Km a 13 minutos de recorrido, también se distingue que existe 5.70 Km de distancia lineal, misma distancia genera una aproximación a las líneas de transmisión que se propone construir para alimentar la subestación con la energía proporcionada por la central de generación.

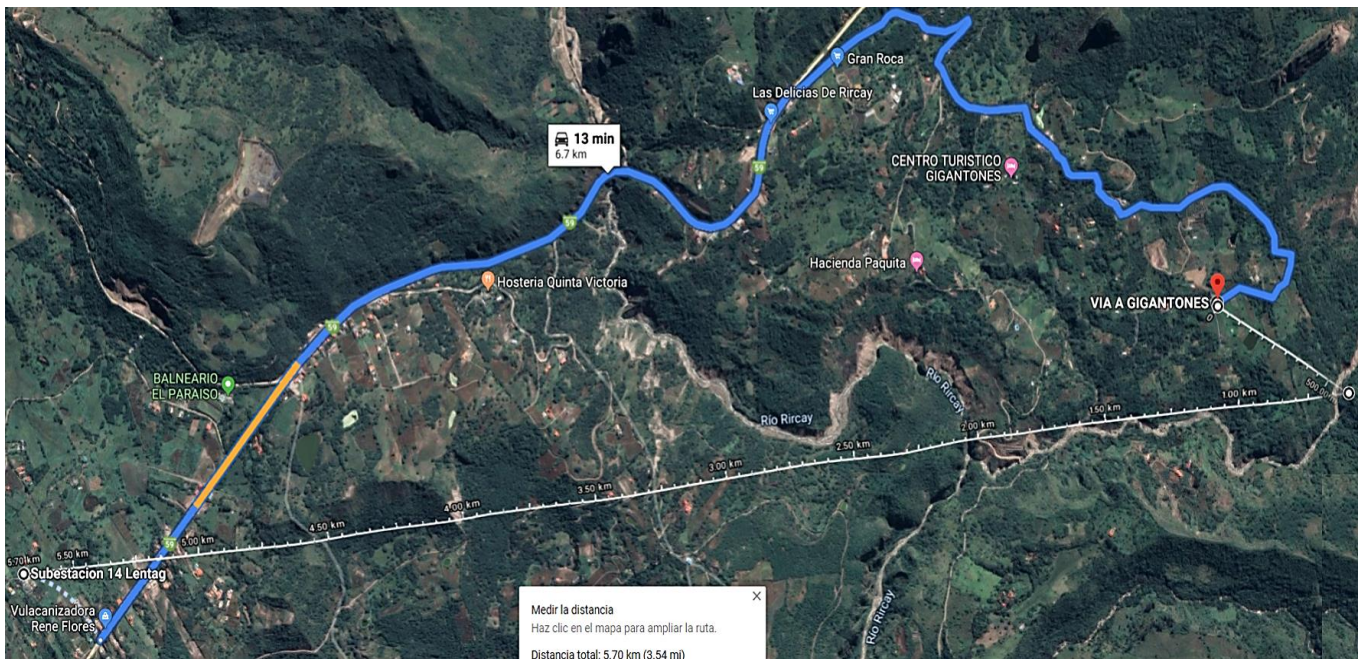


Figura 63. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Lentag al proyecto Río Burro

Fuente: Google maps. Elaboración propia

A continuación se observa un mapa global de los proyectos hidroeléctricos de Rircay y Río Burro ubicados en el cantón Girón de la provincia del Azuay, en el mismo se especifica puntos de referencia de las ubicaciones de los proyectos, como la carretera hacia Cuenca, que va desde la Panamericana Sur, pasando por Tarqui, siguiendo por la carretera E80 que pasa por el sector Victoria del Portete y finalmente tomando la Carretera Cuenca – Machala que pasa por el cantón Girón, y los sectores de Paltas y Lentag, llegando a las zonas de los proyectos, donde las vías de acceso a los mismos ya se especificaron anteriormente.

Se puede determinar que las subestaciones más cercanas a la ciudad de Cuenca y a los proyectos hidroeléctricos son las subestaciones de Turi y Lentag, siendo la subestación de Lentag la opción más adecuada para el levantamiento de líneas de transmisión debido a su cercanía y accesibilidad, suministrando la energía eléctrica desde la casa de máquinas de cada uno de los proyectos hasta la subestación y a partir de ahí distribuir la energía eléctrica a las comunidades cercanas y a la ciudad de Cuenca.

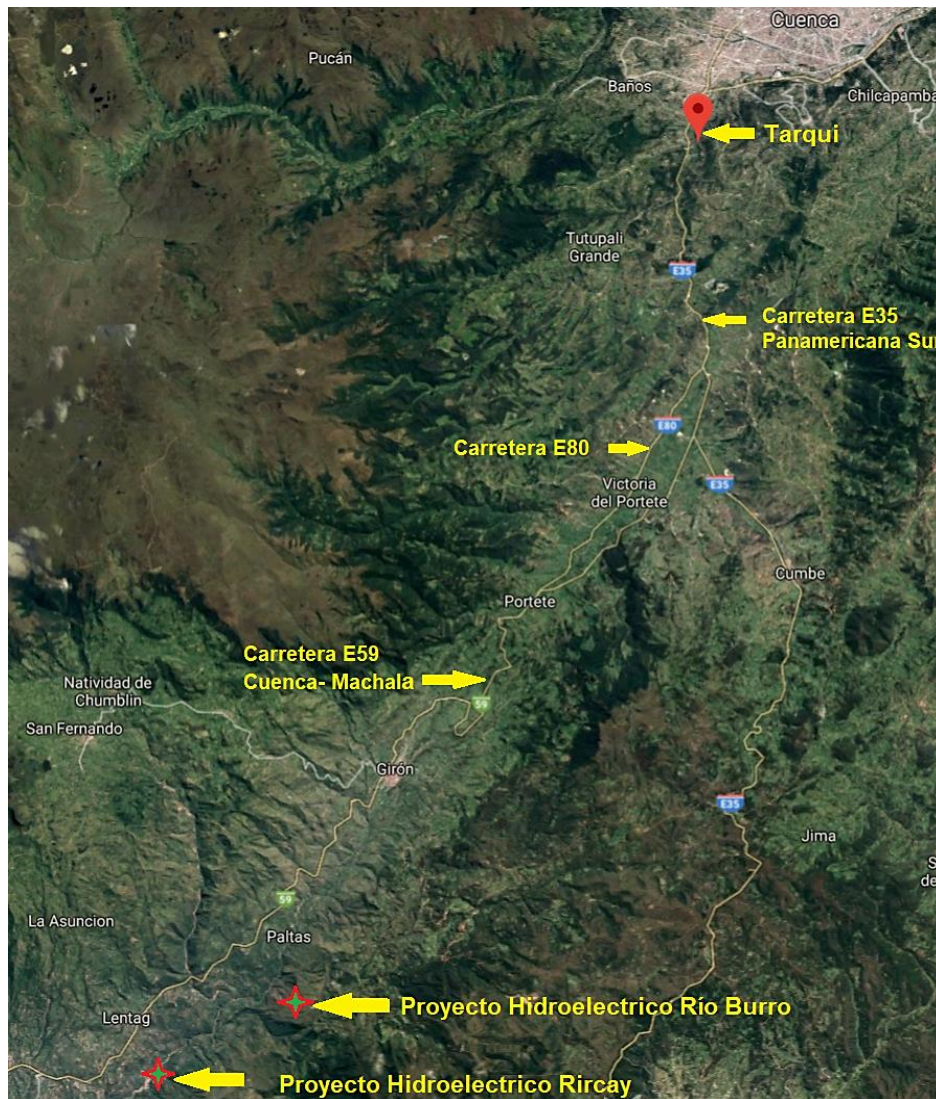


Figura 64. Mapa global de los Proyectos de Rircay y Río Burro del cantón Girón

Fuente: Google maps. Elaboración propia

El proyecto hidroeléctrico San Francisco II se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, en el cantón Santa Isabel, el mismo que fue identificado e incluido en los estudios de medianas centrales hidroeléctricas, constituye una alternativa al aprovechamiento sobre el Río San Francisco perteneciente a la cuenca del Río Jubones, este proyecto utilizará como recurso primario el agua del río, siendo esta una fuente de energía renovable que generará 9,4 MW de energía eléctrica para cubrir la demanda energética del cantón Santa Isabel, comunidades cercanas y brindar aporte de energía a la ciudad de Cuenca, creando una concientización en el uso de recursos renovables, impulsando la ejecución de nuevos proyectos y brindando a la comunidad energía de calidad y al alcance de toda la población.



Figura 65. Vía de acceso del Proyecto San Francisco II hasta la Casa de Maquinas

Fuente: Google maps. Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 65 la vía de acceso desde la carretera E59 Cuenca – Machala, hasta llegar a la zona donde se construirá la Casa de Maquinas del proyecto, la carretera se encuentra en buenas condiciones, pero en el trayecto para llegar a la casa de maquina se requiere realizar obras de vialidad para acceder fácilmente al lugar, pero su accesibilidad actualmente es posible, también se puede apreciar que este proyecto sería la continuación o una segunda parte de la Presa Enerjubones – San Francisco que ya se encuentra en funcionamiento y se busca el aprovechamiento hídrico del Río San Francisco.

En la siguiente figura se puede observar la ubicación de la subestación 08 de Turi y la distancia por carretera que hay con respecto al lugar previsto de la casa de máquinas del proyecto San Francisco II esta distancia es de 100 Km y aproximadamente el tiempo de llegada en automóvil es de 1 hora con 44 minutos, podemos ver también la distancia lineal que existe entre estas ubicaciones existiendo 67.18 Km que sería aproximadamente el tendido de las líneas de transmisión necesarias para transportar la energía hasta esta subestación.

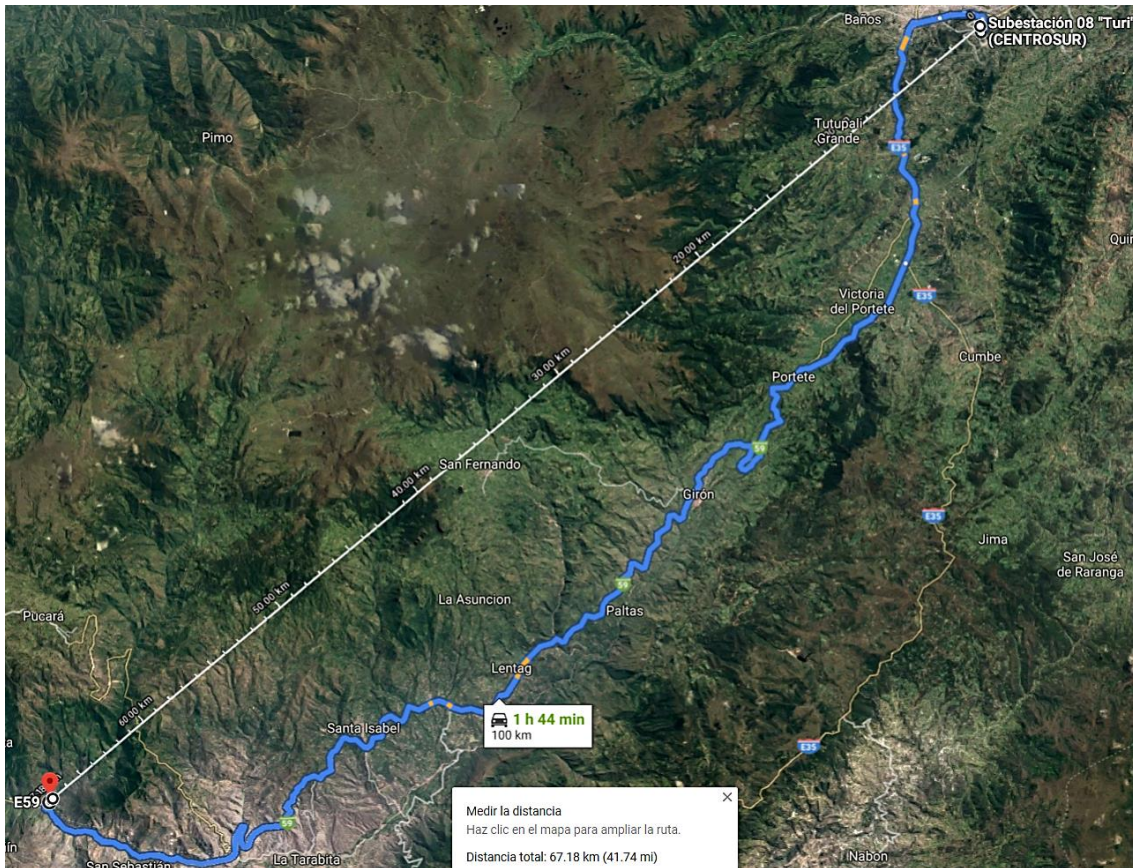


Figura 66. Distancia por carretera y lineal entre la subestación de Turi y el proyecto San Francisco II

Fuente: Google maps. Elaboración propia

En la figura 67 se localiza la subestación 14 de Lentag y la distancia que existe hasta el proyecto hidroeléctrico San Francisco II, se observa la carretera a seguir para llegar a la ubicación del proyecto, teniendo una distancia de 40.3 Km hasta llegar a la casa de máquinas y a 40 minutos de recorrido, determinamos también la distancia lineal que existe entre estas dos ubicaciones, proponiendo 27.24 Km de construcción de líneas de transmisión para llevar la energía eléctrica desde la casa de máquinas del proyecto hidroeléctrico hasta esta subestación. Igualmente, a este proyecto se encuentra más cercana la subestación de Lentag, la misma que es más factible para la construcción de las líneas de transmisión reduciendo costos en transmisión y se utilizará la energía para suministrar a la ciudad y comunidades.

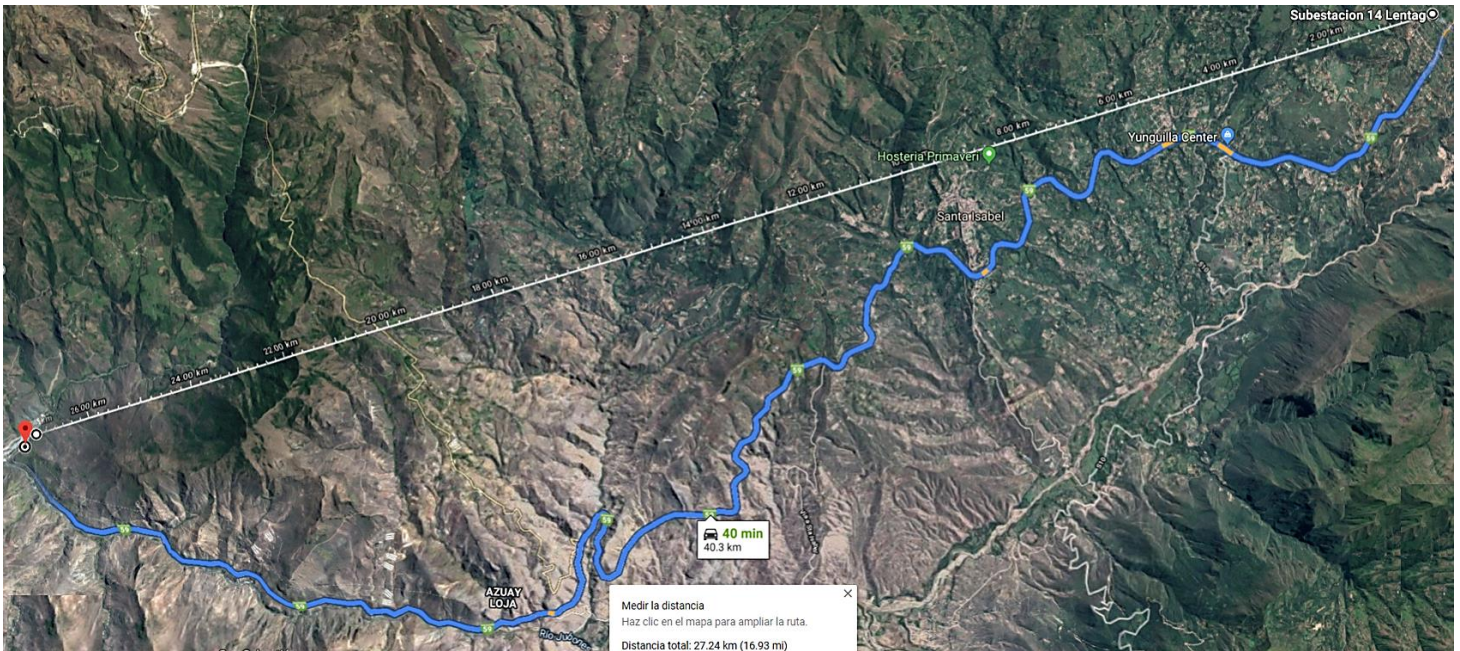


Figura 67. Distancia por carretera y lineal desde la subestación de Lentag al proyecto Río Burro

Fuente: Google maps. Elaboración propia

5.4.2 Descripción grafica de los sitios donde se encuentran ubicados los Proyectos hidroeléctricos

Para poder observar el lugar exacto donde se ha realizado el estudio de los proyectos se ha realizado una captura de la zona geográfica donde se planea ejecutar **el proyecto hidroeléctrico Rircay** en el mismo que se puede apreciar la presa de captación que se encuentra en la parte superior, la misma que recibirá el recurso del río Rircay, a continuación y a filo del río el agua se transportara por el canal de conducción a través del territorio hasta llegar al tanque de presión y luego pasando por la tubería de presión hasta llegar a la casa de máquinas donde la presión del agua activara la turbina y esta al generador para así obtener la energía eléctrica; como se puede apreciar se tiene la disponibilidad del suelo para el desarrollo de esta pequeña central hidroeléctrica, tratando de no causar un grave impacto al ambiente y procurando que a su vez el acceso para las obras de construcción sea cada vez de una manera más sencilla e implementar la obra en la zona ya que se cuenta con los recursos necesarios y estudios de pre factibilidad.

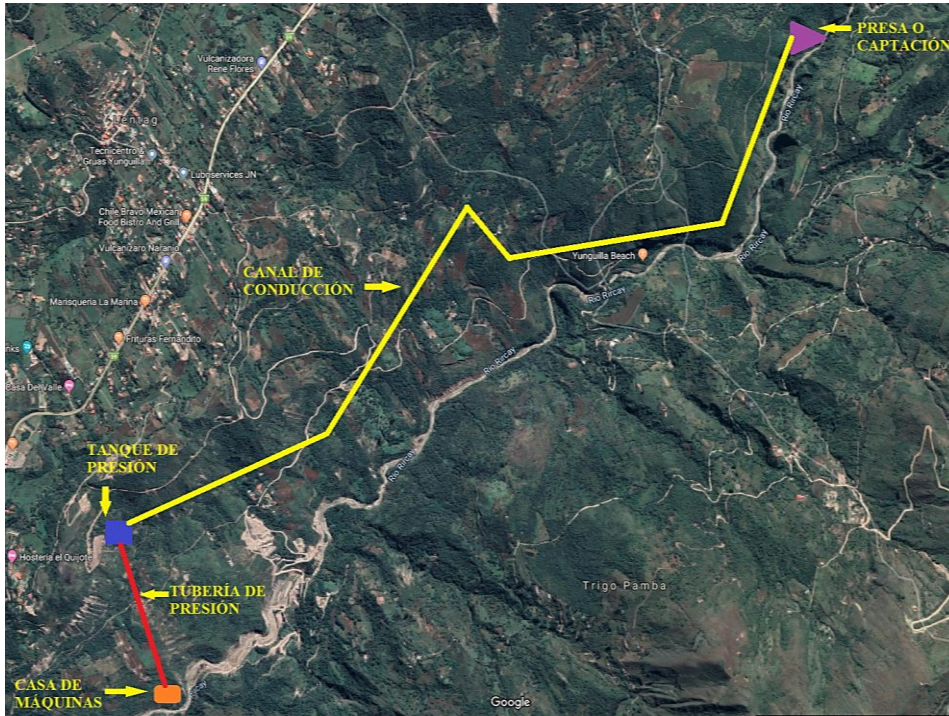


Figura 68. Visualización panorámica de las estructuras principales del Proyecto Rircay.

Fuente: Google maps. Elaboración propia.

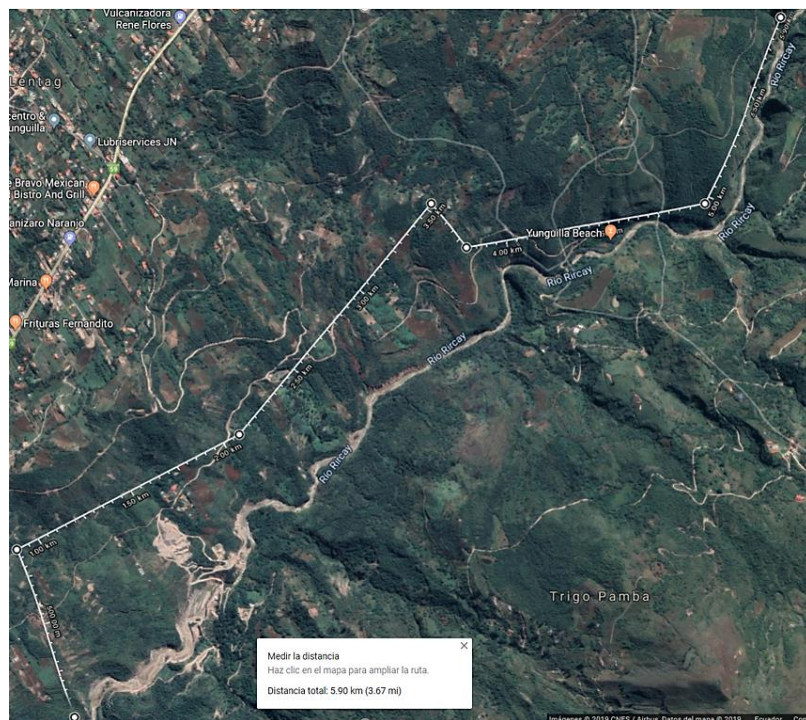


Figura 69. Distancia en Km de las obras de construcción del proyecto Rircay.

Fuente: Google maps. Elaboración propia.

Consta de 900 m de tubería de presión y 5 Km de canal de conducción teniendo una distancia de 5.9 Km total aproximada de las obras de construcción del proyecto.

En la figura se puede apreciar el mapa del territorio donde se encuentra ubicado estudio del **proyecto hidroeléctrico Río Burro**, sitio donde se propone la ejecución de esta obra, en el cual podemos apreciar el Río Burro y el Río Girón que desembocan en el Río Jubones, al acceder hasta la zona donde será la casa de máquinas, se puede ver que desde ahí saldrá la tubería de presión la misma, por donde pasara el agua a presión enviada desde el reservorio, siendo el Río Burro del cual se aprovecha el recurso hídrico que llenara la Presa o Captación y distribuirá a través de un túnel de conducción hasta el reservorio de agua.

Las obras civiles serán a través del territorio, el mismo que cuenta con la disponibilidad de uso, pero se tiene que realizar muchas más obras y mucha más inversión que los demás proyectos planteados, con el objetivo de que la ejecución del proyecto genere la potencia energética estimada y que los equipos (turbina y Generador) funcionen en maneras óptimas para un mayor rendimiento, también se debe procurar causar el menor daño posible al ecosistema y aprovechar los recursos disponibles en la zona generando beneficios a la comunidad intentando el mejorar estructuras y viabilidad.

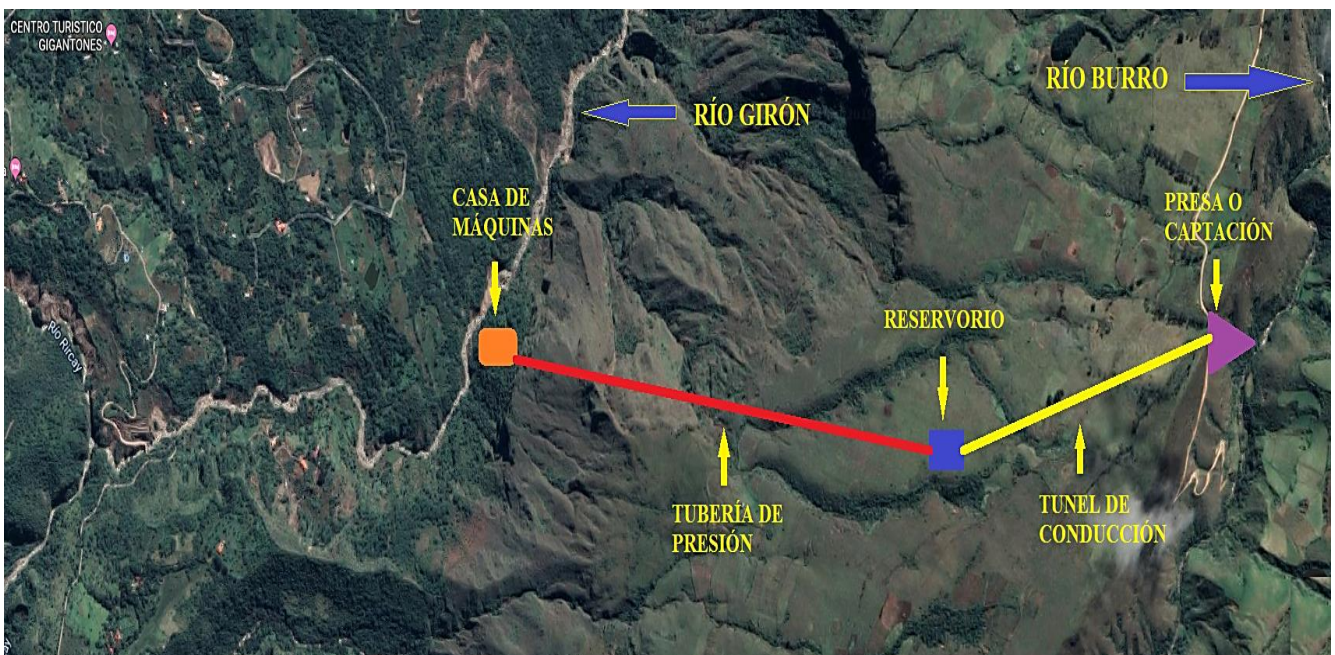


Figura 70. Visualización panorámica, señalización de las estructuras principales del Proyecto Río Burro

Fuente: Google maps. Elaboración propia.



Figura 71. Distancia en Km de las obras de construcción del proyecto hidroeléctrico Río Burro.

Fuente: Google maps. Elaboración propia.

La distancia total en cuanto a la obra de construcción es de 2.27 Km siendo 1.4 Km el tramo de la tubería de presión y 870 m del túnel de conducción.

El proyecto hidroeléctrico San Francisco como se puede observar en la figura 72 cuenta con una presa o captación, la misma que recibirá el recurso hídrico del Río San Francisco, el agua captada se transportara a través del túnel de conducción mismo que se unirá con el canal de conducción donde el agua correrá hasta llegar al tanque de presión, el mismo que soportará la presión del agua y conducirá el agua a la tubería de presión la misma que al llegar a la casa de máquinas activara la turbina y el generador eléctrico para obtener la energía eléctrica. Este mapa que nos muestra el territorio del proyecto y su factibilidad en cuanto a la disponibilidad del suelo, nos indica que el trayecto de las obras de construcción se encuentran a cierta distancia del río pero que mediante los cálculos investigados cumplirá el caudal para producir 9,4 MW y la energía estimada al año, las obras civiles deberán tratar de causar el menor impacto ambiental y procurar aprovechar el recurso hídrico como fuente de energía renovable y los recursos primarios disponibles en el sitio.

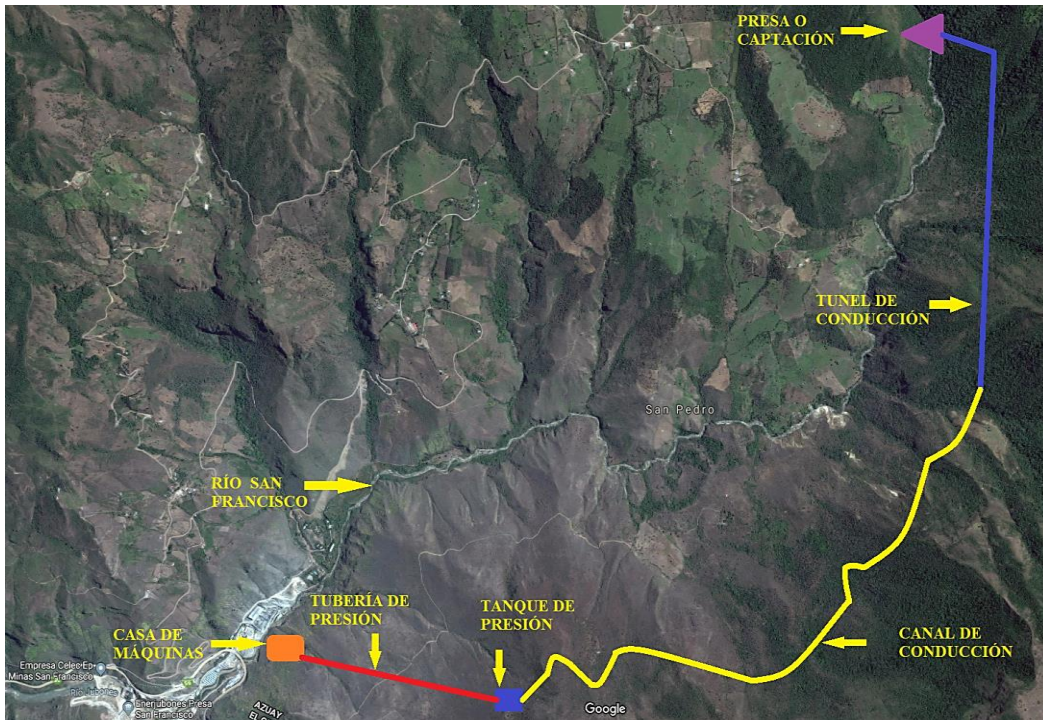


Figura 72. Visualización panorámica de las obras estructurales del Proyecto San Francisco II

Fuente: Google maps. Elaboración propia.

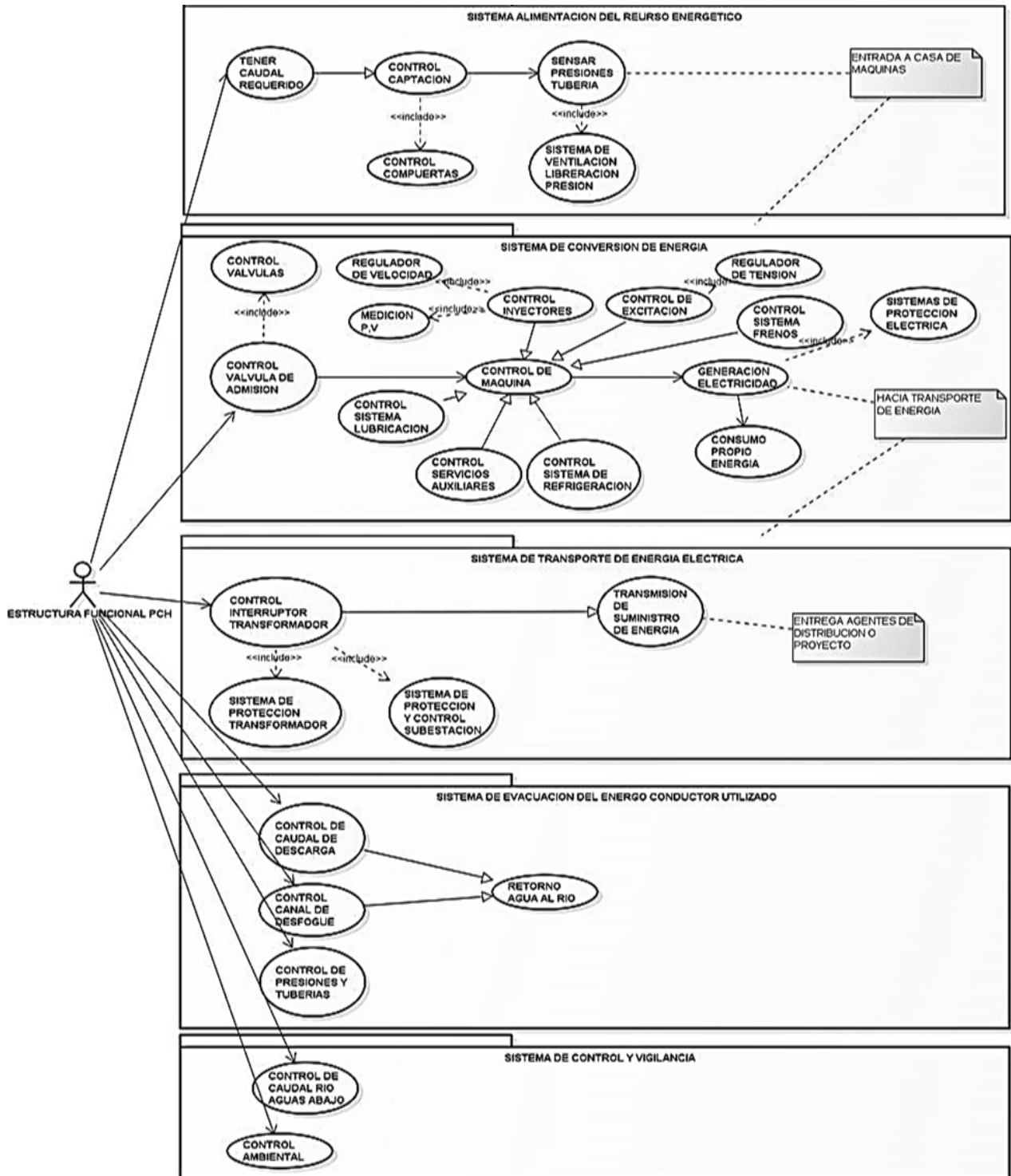


Figura 73. Distancia en Km de la construcción del proyecto San Francisco II

Fuente: Google maps. Elaboración propia.

La obra de construcción consta aproximadamente de 7 Km de construcción, el tramo del canal de conducción es de 3.75 Km, el túnel de conducción es de 1.85 Km y el tramo de construcción de la tubería de presión es aproximadamente de 1.4 Km.

Tabla 32. Diagrama estructural de funcionamiento de una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH)



Fuente: (Castañeda Acosta, 2016). Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En el Plan Maestro de Electricidad, el Plan de Expansión de Generación determina los proyectos de generación con el aprovechamiento de recursos energéticos locales, priorizando los recursos energéticos renovables, garantizando el abastecimiento interno de la demanda eléctrica del país en condiciones de confiabilidad, calidad y respeto ambiental, éste fue utilizado como Línea Base para el análisis de prefactibilidad de los proyectos seleccionados.

De los estudios técnicos e investigaciones basados en métodos multicriterio, para la selección de la mejor tecnología en cuanto al uso de energías renovables; la mejor alternativa propuesta fue la energía fotovoltaica, otros trabajos sugieren que la mejor alternativa para la ciudad de Cuenca es la energía hidroeléctrica, sobre esa base; se realizó el análisis (Criterios técnicos y asignación pesos) de algunos prospectos para poder determinar la prefactibilidad de los Proyectos seleccionados en éste trabajo.

El Metabolismo Urbano Circular determina que los residuos y desechos tienen que ser aprovechados mediante tecnologías energéticas que están a nuestro alcance, con el objetivo de promover los recursos renovables para generar fuentes de energía primaria y transformarlas, en este caso, y para la ciudad de Cuenca en energía eléctrica, buscando así la auto sustentabilidad de la ciudad.

En cuanto a la importancia de la energía eléctrica y el uso de tecnologías de fuentes renovables, la alternativa a implementar es la integración de la generación eléctrica mediante energías renovables en la ciudad, minimizando la necesidad de utilizar fuentes de energía externas tratando de alcanzar un estándar de comunidades energéticamente auto sustentables.

Del incentivo al desarrollo de las energías renovables, a través de disposiciones legales, reglamentarias y normas técnicas de electrificación, se promueve el aprovechamiento de los recursos energéticos, ya que la LOSPEE fomenta el uso de tecnologías y energías alternativas siendo el estado el responsable de incentivar el uso eficiente de la energía eléctrica y promover el desarrollo de fuentes de energía renovable no convencional.

El uso de las tecnologías renovables tiene sus limitaciones y dependerá de los recursos disponibles, forma de consumo, aceptabilidad social o condiciones de implementación del equipamiento, además de haber alcanzado su etapa de madurez comercial, por lo que, se propone que la planificación energética se amplíe a nivel de ciudad y no sea exclusiva de un país o región.

En cuanto a la generación mediante energía hidroeléctrica, la selección de este tipo de tecnología de fuente primaria, se debe a la disponibilidad del recurso, además de una amplia aceptación social y económica, por el bajo impacto ambiental producido, generando un bajo costo final y un alto nivel de eficiencia y calidad de energía.

En base a la investigación planteada se proponen proyectos hidroeléctricos ubicados en los cantones de Girón y Santa Isabel, que exponen una solución visible a la demanda energética que presentara la ciudad zona sur de desarrollo industrial y residencial, con al menos 23,10 MW.

Mediante la información recopilada en fichas técnicas y un estudio de aproximación a equipos electromecánicos y eléctricos y obras civiles de captación y conducción, se propone una prefactibilidad, punto de partida para futuros estudios complementarios de dichos proyectos (Factibilidad Intermedia).

Los proyectos seleccionados son aptos de acuerdo al estudio de los criterios y los datos recopilados, por lo que el proyecto hidroeléctrico San Francisco y Río Burro alcanzaron el 73,33% de factibilidad y el Proyecto Rircay alcanzo el 76%, por lo que se concluye que los Proyectos analizados son viables.

El planteamiento de estas iniciativas de PCH en los cantones de Santa Isabel y Girón, presentan un alto grado de factibilidad, debido a la cantidad de recursos primarios que existen en la zona, siendo el agua el recurso primario principal para impulsar su ejecución, contando también con vías de acceso en buenas condiciones para proceder con las obras de construcción.

Se pudo localizar las subestaciones más cercanas a la ciudad y a los proyectos planteados, proponiendo una distancia lineal aproximada para el levantamiento de las posibles líneas de transmisión, las mismas que suministrarán la energía obtenida de las centrales a la subestación más factible y esta distribuirá la energía eléctrica a las comunidades, cantones y a la ciudad de Cuenca.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. (2017). *Elección de Tecnologías de Energía Renovable para uso en ciudades Intermedias utilizando Criterios de Sostenibilidad, Caso de Estudio*. Cuenca.
- Alcaldía, S. I. (2014). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON SANTA ISABEL*. Cuenca.
- ARCONEL. (28 de 12 de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de Regulaciones del ARCONEL: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/regulaciones/>
- ARCONEL, PME. (2017). *Plan Maestro de Electricidad 2016-2025*. Quito.
- Barragan, A., & Terrados, J. (2017). *Sustainable Cities: an analysis of the contribution made by renewable energy under the umbrella of urban metabolism*. Cuenca.
- Barragán, A., Arias, P., & Terrados, J. (2016). *Fomento del Metabolismo Energetico circular mediante Generación Eléctrica proveniente de rellenos sanitario: Estudio de Caso*. Cuenca.
- Barragan, E., Arias, P., & Terrados, J. (2016). *Renewable Energy Generation Technologies on Urban Scale, Cuenca, Ecuador*. Cuenca.
- Barzallo, E., Chasijuan, P., & Barragán, E. (2017). *Selection of Renowable Energies in Urban Enviroments by Applying the FAHP Method, Case Study: City of Cuenca*. Cuenca.
- Batzolades. (4 de 2011). *Batzolades*. Obtenido de Metabolismo Social: <https://batzolades.wordpress.com/tag/metabolismo-social/>
- BID. (2 de Agosto de 2013). *Ciudades Sostenibles*. Obtenido de Cuenca Sostenible: Lo que nos dicen los indicadores: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/cuenca-sostenible-lo-que-nos-dicen-los-indicadores/>
- Calle, J., & Chica, J. (2013). *Analisis de la situacion energetica de Cuenca y definicion de las lineas de accion para fortalecer la investigacion y el desarrollo*. Cuenca.

- Castañeda Acosta, A. V. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la construcción de una pequeña central hidroeléctrica ubicada en la cuenca del río Teusaca - Vereda San Rafael - Sector la Toga - La Calera - Cundinamarca*. Bogotá.
- CENACE, Infome Anual. (2017). *Infome Anual 2017*. Quito.
- CONELEC, Atlas Solar. (2008). *Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica*. Quito.
- Correa, D., Cuervo, J., & Romaña, E. (2018). *Metabolismo Urbano*. Cuenca.
- Delgado, O. (2010). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, Azuay, Memorias del II Congreso Binacional de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Universidades*. Cuenca.
- Díaz, A. C. (2014). *Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades*. Colombia: DOSSIER.
- Ducci, M. E. (2012). *Conceptos Basicos de Urbanismo*. Cuenca.
- Espinoza, J., León, J., & Barragán, A. (2012). *Regulación para incentivar las energías renovables en Ecuador*. Cuenca.
- GAD Girón, C. (2014-2019). *Diagnostico del Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón 2014-2019*. Cuenca.
- GAD, Plan de Acción. (2013). *Plan de Acción, Cuenca Ciudad Sostenible*. Cuenca.
- INEC. (2018). *Informe de Rendición de Cuentas 2018*. Quito.
- Issuu. (23 de Enero de 2012). *Issuu*. Obtenido de Issuu: https://issuu.com/revistacuenca/ilustre/docs/santa_isabel_2012
- Jaramillo, C., & Barragán, A. (2017). *Estudios de Metabolismo Urbano en la Ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Medina, R. (2017). *Plan de Gestión del consumo Residencial para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A*. Cuenca.

- Metabolismo Urbano. (5 de 11 de 2010). *Blogger.com*. Obtenido de METABOLISMO URBANO: <http://metabolismourbanopmfs1.blogspot.com/>
- Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Bioenergético. (2014). *Atlas Bioenergético de la República del Ecuador*. Quito.
- Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Atlas Eólico. (2013). *Atlas Eólico del Ecuador*. Quito.
- Neira, J., & Espinoza, J. (2012). *Generación Fotovoltaica a Gran escala para Morona Santiago*. Cuenca.
- Orellana, M., Sellers, C., & Martinez, J. (2017). *Indice de calidad ambiental Urbana de Cuenca*. Cuenca.
- PLANEE. (2013). *Plan Nacional De Eficiencia Energética*. Quito.
- PREFECTURA, POT. (2013). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Azuay*. Cuenca.
- Saumeth, L., & Niño, A. (2016). *Metabolismo urbano del agua Potable. Aproximacion al caso de cartagena de Indias*. Barranquilla.
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida*. Quito.
- Soria, C. P. (2010). *Evaluación de alternativas de Generación de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental, para sectores no conectados a redes eléctricas*. Ciudad de la Habana.
- Testa, J., Bertoni, M., & Maffioni, J. (2017). *Análisis de los ciclos de Metabolismo urbano para una ciudad turística sustentable y competitiva, el caso de Miramar*. Buenos Aires.
- Torres, T. C. (2015). *Metabolismo Urbano aplicando a la Zona Metropolitana*. Mexico: Acatlán.

Zalamea, E., Barragán, A., & Mendez, P. (2017). *Assessment of Photovoltaic Potential on Sloped Roofs on Equatorial-Andean Housing Typology, A Hundred Houses in Cuenca Ecuador as Case Study*. Cuenca.



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Geovanny Fernando Idrovo Verdugo** portador de la cédula de ciudadanía N° 0105078836. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Identificación de los recursos energéticos renovables disponibles en la ciudad de Cuenca a partir de los resultados de un modelo Urbano de Metabolismo Circular**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 4 de julio de 2019

F: _____


Idrovo Verdugo Geovanny Fernando