

**MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ CONCHA**

**Estudo de suprimento das necessidades energéticas de uma comunidade rural  
na Colômbia por meio de energias renováveis**

São Paulo  
(2017)

MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ CONCHA

**Estudo de suprimento das necessidades energéticas de uma comunidade rural  
na Colômbia por meio de energias renováveis**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de Especialização de  
Energias Renováveis, Geração Distribuída  
e Eficiência Energética

Orientador: Prof. Daniel Setrak Sowmy

São Paulo  
(2017)

MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ CONCHA

**Estudo de suprimento das necessidades energéticas de uma comunidade rural  
na Colômbia por meio de energias renováveis**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de Especialização de  
Energias Renováveis, Geração Distribuída  
e Eficiência Energética

Área de Concentração:  
Engenharia metalúrgica e de materiais

Orientador: Prof. Daniel Setrak Sowmy

São Paulo  
(2017)

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

## CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

### Catálogo-na-publicação

Lopez Concha, Maria Alejandra

ESTUDO DE SUPRIMENTO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE  
UMA COMUNIDADE RURAL NA COLÔMBIA POR MEIO DE ENERGIAS  
RENOVÁVEIS / M. A. Lopez Concha -- São Paulo, 2017.

83 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída  
e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Energia renováveis 2.Projeto em área rurais 3.Engenharia 4.Avaliação  
energetica I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa  
de Educação Continuada em Engenharia II.t.

LÓPEZ CONCHA, M. A.. **Estudo de suprimento das necessidades energéticas de uma comunidade rural na Colômbia por meio de energias renováveis.** São Paulo. 2017. 83 p. (Pós-graduação) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Dedico este trabalho ao meu avô  
quem me impulsionou neste ramo e  
acredita cegamente no futuro que  
tem as energias renováveis.

## **RESUMO**

O que se desejou investigar é a aplicação das energias renováveis em áreas rurais. Pretendeu-se levantar as necessidades energéticas de uma comunidade rural na Colômbia avaliando o potencial de suprimento desta demanda a traves dos recursos que se tem na região, realizando uma geração local, com base da informação disponibilizada por uma ONG parceira e cálculos aprendidos nas aulas. O presente trabalho visa o suprimento da demanda 100% a traves de energia renováveis e uma avaliação de pay back simples do retorno do investimento.

Palavras-Chave: Engenharia. Energia renováveis. Projetos em áreas rurais. Suprimento de demanda energética.

## **ABSTRACT**

The aim of the study is to investigate the application of renewable energies in rural areas. It was intended to calculate the energy demand of a rural community in Colombia in order to evaluate the potential of supply of it through the local making a local generation, based on information provided by a partner ONG and calculations learned in class. The present work aims to supply 100% demand through renewable energy and a simple payback assessment of the return on investment.

**Keywords:** Engineering, Renewable Energy, Projects in rural areas, Supply of Energy Demand.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Total produção . . . . .	17
Figura 2	– Mapa da Guajira . . . . .	39
Figura 3	– Precipitação Guajira . . . . .	40
Figura 4	– Variação de temperatura Guajira . . . . .	41
Figura 5	– Projeção da demanda por consumo . . . . .	59
Figura 6	– Perfil de demanda total . . . . .	60
Figura 7	– Mapa solar Colômbia . . . . .	62
Figura 8	– Exemplo de placa solar 12v . . . . .	67
Figura 9	– Exemplo de placa solar 48v . . . . .	67
Figura 10	– Dados das baterias . . . . .	68

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1	–	Projeção da energia renovável 1996-2000 . . . . .	24
Tabela 2	–	Consumo residencial tipo I . . . . .	44
Tabela 3	–	Consumo residencial tipo II . . . . .	44
Tabela 4	–	Resumo de consumo doméstico . . . . .	45
Tabela 5	–	Consumo creche . . . . .	46
Tabela 6	–	Consumo escola primária . . . . .	46
Tabela 7	–	Consumo escola secundária . . . . .	47
Tabela 8	–	Consumo centro de saúde . . . . .	47
Tabela 9	–	Consumo centro de comunicações . . . . .	48
Tabela 10	–	Consumo água e saneamento . . . . .	49
Tabela 11	–	Consumo iluminação . . . . .	49
Tabela 12	–	Consumo área comunal . . . . .	49
Tabela 13	–	Resumo consumo localidades públicas e comunitárias . . . . .	50
Tabela 14	–	Consumo empresa de manutenção . . . . .	51
Tabela 15	–	Consumo oficinas de costura . . . . .	52
Tabela 16	–	Consumo marcenaria . . . . .	52
Tabela 17	–	Consumo oficina de construção . . . . .	53
Tabela 18	–	Consumo oficina eletromecânica . . . . .	53
Tabela 19	–	Consumo fábrica de peixe . . . . .	54
Tabela 20	–	Consumo armazém agrícola . . . . .	55
Tabela 21	–	Consumo criadouro de peixes . . . . .	55
Tabela 22	–	Consumo fábrica de gelo . . . . .	56
Tabela 23	–	Resumo de consumo atividades produtivas . . . . .	56

Tabela 24	–	Resumo de consumo total . . . . .	57
Tabela 25	–	Consumo classificado por potência instalada . . . . .	58
Tabela 26	–	Irradiação Guajira . . . . .	62
Tabela 27	–	Potencial biomassa – gaseificação . . . . .	63
Tabela 28	–	Potencial biomassa – biogás . . . . .	64
Tabela 29	–	Produção com diesel . . . . .	65
Tabela 30	–	Fornecimento de energia fotovoltaica . . . . .	65
Tabela 31	–	Quantidades de painéis necessários . . . . .	66
Tabela 32	–	Cálculo de baterias . . . . .	68
Tabela 33	–	Cálculo de biogás . . . . .	69
Tabela 34	–	Cálculo de gasificador . . . . .	69
Tabela 35	–	Cálculo de gasificador (continuação) . . . . .	70
Tabela 36	–	Preço empreendimento . . . . .	72
Tabela 37	–	Proposta de instalação . . . . .	79
Tabela 38	–	Cronograma de implementação fotovoltaica. . . . .	80
Tabela 39	–	Cronograma de implementação biogás . . . . .	81
Tabela 40	–	Cronograma de implementação gasificador . . . . .	81

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA .....	15
2.1	Panorama internacional. ....	16
2.2	Panorama na Colômbia .....	17
2.3	Objetivos da Fonte Não Convencional de Energia (FNCE) .....	18
2.4	Motivações para desenvolver a Fonte Não Convencional de Energia Renovável (FNCER). ....	20
2.4.1	Risco associado à energia hidrelétrica. ....	21
2.4.2	Aumento dos preços da eletricidade e gás natural .....	22
2.4.3	Oportunidade de desenvolvimento econômico. ....	23
2.4.4	Tendência de preços da energia renovável. ....	24
2.5	Potenciais energias renováveis. ....	26
2.5.1	Energia eólica. ....	26
2.5.2	Energia solar FV .....	29
2.5.3	Energia de biomassa .....	31
2.5.4	Energia geotérmica .....	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	38
3.1	Características da região .....	38
3.2	Demanda energética .....	43
3.2.1	Consumo doméstico .....	43
3.2.2	Consumo comunitário e público .....	45
3.2.3	Consumo de atividades produtivas .....	50
4	RESULTADOS .....	58
4.1	Projeção da demanda energética .....	59

4.2	Potencial das energias renováveis . . . . .	60
4.2.1	Hidráulica . . . . .	60
4.2.2	Eólica . . . . .	61
4.2.3	Energia Fotovoltaica . . . . .	62
4.2.4	Biomassa . . . . .	63
4.2.5	Diesel . . . . .	65
4.2.6	Cálculos das possíveis soluções . . . . .	66
5	DISCUSSÃO . . . . .	71
5.1	Viabilidade econômica . . . . .	71
5.2	Considerações finais . . . . .	73
5.3	Dificuldades de implantação . . . . .	76
6	CONCLUSÃO . . . . .	79
7	REFERÊNCIAS . . . . .	82



## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é uma análise comparativa das fontes de energia renovável em relação ao seu potencial de suprimento da demanda de uma pequena comunidade na área rural. Dependendo da região, a geração local de energia pode oferecer vantagens como benefícios econômicos (seja exportando energia ou diminuindo a dependência energética), criação de novos empregos qualificados e melhoria na qualidade de vida das pessoas.

São objetivos desta monografia: um estudo das necessidades energéticas de uma comunidade rural na Colômbia; a análise da potência instalada necessária; o desenvolvimento de um projeto para a implantação de energias renováveis para suprir a demanda prevista; e um levantamento de sua viabilidade econômica.

A avaliação da importância de um projeto para desenvolver energia renovável em uma determinada área envolve primeiramente identificar:

- O recurso de energia renovável local;
- A demanda e potencial de mercado deste tipo de energia;
- Os benefícios a serem obtidos com a implementação de um projeto de energia renovável;
- O custo e o impacto do projeto;
- As possibilidades de mecanismos de financiamento e de apoio disponíveis.

Assim, proponho o estabelecimento de um inventário das oportunidades e riscos associados com a implementação de um projeto de tais recursos e a análise se o investimento envolvido é justificado.

O local eleito para a realização do estudo é uma comunidade em Uribia um município pertencente ao departamento da Guajira, localizado no nordeste da Colômbia, próximo ao Oceano Atlântico. Sua extensão é de 8200 quilômetros quadrados no nível do mar e conta com uma temperatura média de 29,2 ° C. Sua população é de 186.532 habitantes de acordo com o censo de 2005.

A cidade apresenta habitações classificadas como de baixa e média renda e conta com uma creche, uma escola primária e uma secundária, um pequeno centro de saúde, uma oficina eletromecânica e um pequeno centro comunitário onde aulas e atividades de costura são ministradas. A atividade econômica mais forte é a pesca e existe um criadouro onde se deseja instalar congeladores para conseguir um maior proveito dos peixes e, conseqüentemente, maior retorno econômico.

A ideia do projeto será atender a demanda total ou parcial da demanda da comunidade com fontes renováveis levando em consideração os aspectos locais e econômicos. Para isso, usarei como referência a norma ANEEL para os SIGFI, onde se pede 435 Wh de consumo diário com autonomia mínima de dois dias, para uma potência de 250 W, totalizando 13kWh de disponibilidade mensal.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

No momento, cerca de 1,5 bilhão de pessoas em todo o mundo vivem sem acesso à eletricidade, e sem um esforço, esse número provavelmente não será reduzido.

A infraestrutura elétrica permanece muito centralizada e, no entanto, as extensões de rede para regiões remotas são muito caras, as populações estão dispersas e não podem financiar os direitos de alimentação energética

Embora a maioria dos países em desenvolvimento tenha iniciado e / ou acelerado programas de eletrificação rural, em uma unidade política firme para melhorar o padrão de vida das áreas rurais, o progresso seguirá devagar. A capacidade financeira e técnica necessária para realizar operações em larga escala também não possui o apoio necessário e os serviços públicos têm uma motivação limitada para estender os serviços a clientes não rentáveis.

Conseguir a rede de energia para as áreas rurais isoladas é geralmente muito caro, inviável e improvável no médio prazo. Em tais situações, a eletricidade com micro-redes pode produzir energia para famílias, escolas e empresas locais utilizando os recursos naturais da região.

Isso fornece geração de eletricidade centralizada a nível local através de uma rede de distribuição para pessoas ou comunidades e, quando alimentada com sistemas renováveis ou híbridos, aumenta o acesso à eletricidade sem pôr em perigo a luta contra as mudanças climáticas.

As energias renováveis podem fornecer energia elétrica suficiente de forma sustentável, confiável e limpa para apoiar a criação de empresas locais em áreas de grande população, enquanto pode ser capaz de alcançar a maioria das comunidades rurais dispersas. As energias renováveis também podem fornecer soluções ilimitadas para o acesso à água necessária para irrigação e saneamento em locais onde sempre foi privado desse direito, oferecendo ao mesmo tempo novas oportunidades para a saúde e educação. Hoje, quando as condições adequadas são postas em prática, é possível fornecer energia para todos.

## 2.1. Panorama internacional

Aproximadamente 81% da energia consumida em todo o mundo vêm de fontes fósseis, enquanto as restantes 19% provêm de fontes renováveis. Atualmente, esse percentual é associado ao uso tradicional de biomassa em aplicações como lenha para cozinhar alimentos e aquecimento de casas e energia hidrelétrica para geração de eletricidade. É pouco usada a energia de fontes como o sol, a energia geotérmica e a conversão de biomassa em energia térmica através do uso de tecnologias relativamente modernas, além da energia eólica para a geração de energia elétrica. Finalmente, o uso de biocombustíveis no setor de transporte e tecnologias se encontra nos primeiros estágios de desenvolvimento, assim como o uso da energia do mar sob a forma de marés, ondas, gradientes térmicos ou gradientes salínicos (REN21, 2014).

A dependência global de petróleo, carvão, gás natural e até mesmo em combustíveis nucleares como recursos fósseis disponíveis em quantidades que podem ser consideradas relativamente abundantes, mas finitas, e as conjunções econômicas e geopolíticas associadas com sua geografia - tem gerado em muitos países a necessidade de iniciar uma transição para o uso de recursos de energia renovável, o que, por sua vez, contribui para a redução das emissões de gases do efeito estufa e a mitigação das mudanças climáticas que estão passando no planeta. Neste contexto, a China, a Alemanha, a Espanha e os Estados Unidos estão se consolidando hoje como países pioneiros no desenvolvimento da maior capacidade instalada em tecnologias para a exploração de energia hidrelétrica, eólica, solar, geotérmica e biomassa como fontes de origem renovável que contribuem para o processo de transição no que diz respeito à geração de energia elétrica. Enquanto isso, países como os Estados Unidos, o Brasil e a Alemanha lideram o uso da bioenergia no setor de transportes (REN21, 2014), enquanto os Estados Unidos, a Noruega, a China, o Japão e a Comunidade Européia lideram o caminho de eletricidade (parcialmente produzida a partir de fontes renováveis) no mesmo setor (Ecomento, 2014, Comissão Européia, 2012) e outros países como a China, os Estados Unidos e a Turquia lideram o uso de energia térmica sob a forma de calor útil de energia solar e energia geotérmica (REN21, 2014).

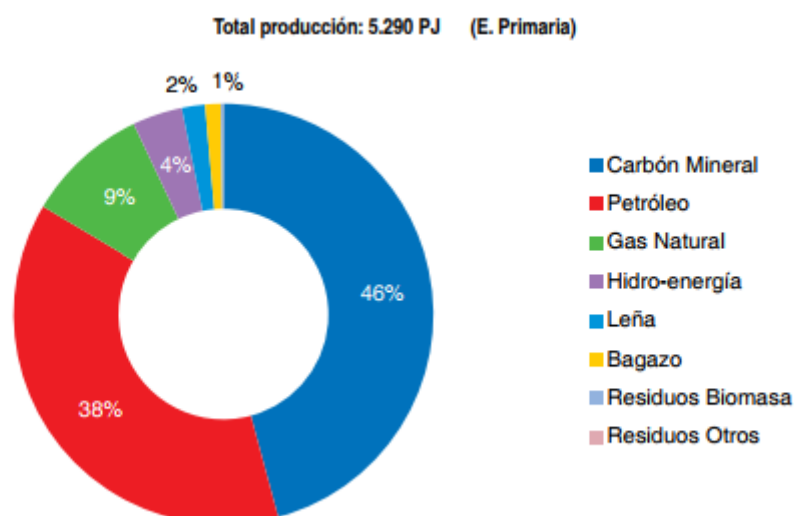
Dada a disponibilidade de pelo menos uma das fontes renováveis acima mencionadas em qualquer posição geográfica do planeta e a abundância relativa de uma ou mais dessas fontes em algumas regiões favorecidas, as fontes de energia renováveis representam, por sua vez, potencial de energia a ser explorado de forma efetiva na eficiência e econômica, pois sua pesquisa, desenvolvimento e implantação comercial de tecnologias associadas continuam a avançar, como tem sido feito nos últimos 40 anos.

## 2.2. Panorama na Colômbia

Colômbia é um país com uma matriz de energia relativamente rica nos combustíveis fósseis, bem como em recursos renováveis. No momento, a produção e exploração de energia do país são representadas por 93% de recursos de origem fóssil, aproximadamente 4% de hidroenergia e 3% de biomassa e resíduos (Figura 1).

O país depende aproximadamente de 78% de combustíveis fósseis que estão agora em autossuficiência, e cujos níveis de produção em 2013 indicavam reservas suficientes por cerca de 170 anos no caso do carvão, na ordem de 7 anos para o petróleo e 15 anos para o gás natural (UPME, 2014c). No caso, é necessário ter em conta que as taxas de produção diminuem e a demanda aumenta porém há necessidade de importação neste ano de 2017 e provavelmente também em 2018

**Figura 1 - Total produção**



Fonte: UPME, 2012

Dada a baixa participação do carvão na energia doméstica e a alta participação dos combustíveis líquidos derivados do petróleo e gás natural, mesmo contando com a descoberta de novas reservas desses recursos, o desenvolvimento de fontes alternativas de energia local que pode substituir pelo menos parte do uso dessas fontes no decorrer das próximas décadas se tornam relevantes para atender a procura energética doméstica futura, a fim de não ter que ceder a uma alta dependência das importações dessas fontes de energia convencionais ao longo prazo.

Em vista desta consideração, deve ser sinalizado que os principais consumos da energia (petróleo e gás natural) são principalmente concentrados nos setores de transporte e indústria, para fornecer transporte e calor útil, seguido do uso do gás natural para a geração de energia elétrica. Enquanto isso, a matriz elétrica, que produz aproximadamente 17% da energia final consumida no país, tem ampla participação de energia hidrelétrica como recurso renovável que representa entre 70% e 80% da geração, de acordo com as variações da hidrologia anual, e 70% da capacidade instalada em dezembro de 2014.

No entanto, devido às vantagens que trazem a diversificação da geração de energia com base na disponibilidade de recursos, a redução progressiva dos custos de investimento associados ao seu aproveitamento e a evolução em termos de desempenho e sofisticação de tecnologias relacionadas à energia eólica e solar, juntamente com a cogeração de calor e da eletricidade a partir da biomassa e geração geotérmica, começam a fazer um maior sentido para serem incorporadas na matriz energia e a possibilidade de aumentar o uso de derivados biomassa no setor de transporte.

### **2.3. Objetivos da Fonte Não Convencional de Energia (FNCE)**

Em 2010, o Ministério de Minas e Energia estabeleceu através da Adoção do Plano de Ação Indicativo 2010-2015 um programa de uso racional e eficiente de energia e outras formas de energia não convencional - PROURE - (Resolução MEM 18-0919 de 2010), com metas indicativas de participação de 3,5% de FNCE em termos de capacidade do Sistema Nacional Interconectado - SIN - até 2015, e aumentar essa participação para 6,5% até 2020. De acordo com números disponíveis até dezembro de 2014, até essa data, a participação da FNCE no SIN é de 2,71% da capacidade

instalada, fato que obedece as barreiras existentes para uma maior penetração dessas fontes e a ausência de instrumentos e linhas de ação definidas para conformidade de tais objetivos. No entanto, na medida em que no ano 2020, será considerado como expectativas e projeções de crescimento da participação da FNCE, ou mais especificamente de FNCER, nesse ano e até o ano 2030, o que poderia ser alcançado em consideração às recomendações feitas neste documento e trabalhar em conjunto os setores públicos e privado para alcançar os benefícios que surgem.

Também a Resolução MEM 18-0919 de 2010 estabeleceu metas equivalentes para o caso das Zonas Não Interligadas - ZNI-, considerando uma participação de 20% e 30% da FNCE na capacidade de geração instalada, para 2015 e 2020, respectivamente. Até 2014, as figuras que o IPSE sugerem são a existência de 167 MW em capacidade instalada e 151 MW de energia disponível, distribuídas em cerca de 1270 plantas de geração (IPSE, 2014), enquanto no ano 2013 haviam 16,33 MW de capacidade instalada na FNCE (IPSE, 2013), onde poderia se falar de uma ordem de participação de 10,8%.

Por outro lado, a política nacional de biocombustíveis - PNBC-, que tem suas origens em Lei 693 de 2001 e adquire seu nome com o CONPES 3510 de 2008, estabelece o mandato do uso de misturas de álcool combustível e biodiesel em proporções sujeitas a revisão periódica do MME, que a partir de dezembro de 2014 estavam em níveis entre 10% e 0%, dependendo do combustível (gasolina ou diesel) e a área de aplicação. Do mandato até 2013, os biocombustíveis representam 7,04% dos combustíveis utilizados no setor de transporte, e 4,87% do total de fontes de energia utilizadas no setor de transporte (incluindo transporte aéreo, marítimo e ferroviário).

Neste ponto, vale a pena notar que, levando em consideração que a definição de FNCE estabelece que sejam fontes que não são usadas no país ou são usados marginalmente e não são comercializadas amplamente, atingindo certos níveis de penetração, é necessário considerar os limites de utilização e comercialização que fariam de uma FNCE que aumentasse sua participação na cesta de energia perder sua condição de não convencional, uma vez que seus limites foram excedidos. Tendo em conta esta consideração, no caso de biocombustíveis que são comercializados amplamente e usados por uma alta porcentagem da frota do país

(perto de 100%), pode então ser interpretado que estes não correspondem para uma FNCE ou FNCER, mas eles podem ser reconhecidos como uma forma de energia renovável.

#### **2.4. Motivações para desenvolver a Fonte Não Convencional de Energia Renovável (FNCER)**

Levando em consideração que a Colômbia tem um sistema nacional de eletricidade relativamente baixo em emissões (em comparação com outros países com maior participação de combustíveis fósseis na sua matriz elétrica), não dependente de fontes de energia importadas e, ao mesmo tempo, com capacidade de geração atual e em desenvolvimento suficiente para atender a demanda de eletricidade no curto prazo (pelo menos nos próximos 5 anos), em princípio, não parecem ter motivos fortes para promover o desenvolvimento de fontes de energia alternativa, como é frequentemente o caso da necessidade de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, a necessidade de reduzir a dependência de combustíveis importados ou a pressão para atender aumento da demanda através de nova capacidade instalado com base em recursos domésticos.

Por sua vez, com abundantes recursos fósseis como o carvão e possíveis depósitos de gás e petróleo ainda não explorados, o país não parece ter necessidade de utilizar outros recursos e tecnologias não convencionais, tais como outros países que começaram a tornar decisões sustentáveis no contexto da energia com um panorama socioeconômico semelhante à da Colômbia, como é o caso do Brasil, Argentina, México, Chile, Peru e outros países latino-americanos.

As condições acima são baseadas na tradicional percepção do setor de energia colombiano. Em termos gerais, é por isso que o país não buscou o desenvolvimento de energias renováveis não convencionais até o momento. No entanto, até hoje, as tendências na redução de custos e mitigação de riscos associados às FNCER, juntamente com as experiências bem sucedidas, desenvolvimentos técnicos internacionais e a presença local de agentes com projetos inovadores e perspectivas vantajosas para o contexto colombiano, já existe uma base para a adoção de uma estratégia para o desenvolvimento de FNCER na Colômbia.

#### **2.4.1. Risco associado à energia hidrelétrica**

A alta dependência da Colômbia em seus recursos de energia hidrelétrica coloca o país em escassez e altos preços da energia, como foi evidenciado na crise de energia gerada pelo fenômeno El Niño em 1992 e 1993 ou mais recentemente a preços elevados da energia em 2009, 2010, 2013 e 2014. Além disso, análises recentes previram que a vulnerabilidade das secas crescerá significativamente na Colômbia devido às mudanças climáticas (CorpoEma, 2010a; 2010c).

Enquanto isso, existem no mundo exemplos de outros países que dependem de seus reservatórios e usinas hidrelétricas e que enfrentaram diferentes crises de energia devido à seca e o crescimento de sua demanda (por exemplo, Uganda e Albânia). Alguns desses países têm optado pela instalação de usinas termoeletricas com altos custos operacionais (por exemplo, geração por queima de óleo) como complemento para suprir os déficits de energia que não pode ser coberto com energia hídrica. Consequentemente, tais plantas térmicas expõem esses países aos riscos associados à volatilidade dos preços do mercado internacional de combustíveis fósseis. Enquanto isso, outros países, como o Uruguai, responderam ao risco de usinas hidrelétricas, instalando energia renovável não convencional, evitando custos operacionais elevados e incertos de usinas térmicas. Além disso, como tem sido demonstrada em regiões como países nórdicos (Noruega, Suécia, Finlândia), a energia hídrica pode ser usada efetivamente para equilibrar e complementar a geração variável de outras fontes renováveis (como energia eólica e energia solar). No caso da Colômbia, estudos como os de Vergara et al, 2010, COWI, 2014, mais os planos de expansão, geração e transmissão de UPME 2013-2027 e 2014-2028, e análises realizadas por alguns dos agentes geradores que tem acesso às medições de vento tomadas em Alta Guajira, demonstraram a existência de padrões de complementaridade sazonal entre os recursos nacionais de vento e água. Com base em esses fatos e evidências, a Colômbia poderia agir estrategicamente para proteger-se contra os riscos derivado da dependência de recursos hidrelétricos, através do desenvolvimento e uso de outras energias renováveis em vez de expandir seu parque de geração térmica com base em combustíveis fósseis, que atualmente depende principalmente de gás natural.

#### **2.4.2. Aumento dos preços da eletricidade e gás natural**

Durante o último ano na Colômbia, o preço da energia elétrica no mercado manteve uma tendência constante em relação ao aumento, atingindo preços próximos de 500 COP / kWh.

Existem várias tendências que podem estar contribuindo nos preços elevados de mercado. Por exemplo, além da periódica diminuição na produção de energia hidrelétrica, a projeção de preço do gás natural comercializado na costa e no interior do país prevêem aumentos de mais de 40% até 2030 (a partir de dados de 2014). Levando em consideração que os geradores térmicos na Colômbia são elegíveis para receber pagamentos por confiabilidade comprometendo-se no fornecimento de energia firme a certo preço quando os preços da bolsa estão aumentando drasticamente, para garantir a taxa de confiabilidade os geradores devem garantir contratos de combustível. Mas as maiorias desses contratos expiraram e se espera que futuros contratos para a provisão desta energia sejam muito mais caros, daí os custos dos futuros leilões da taxa de confiabilidade -CxC- que desde o 2008 para o 2011 aumentou de 13,998 USD/MWh para 15,7 USD/MWh (CREG, 2012) podem continuar aumentando.

A Colômbia está construindo uma planta de regaseificação de gás natural para fornecer geradores localizados no norte do país a partir de 2017 ou 2018, tempo no qual se espera que a demanda interna do combustível seja superior à oferta doméstica, o que aumentará os custos para o fornecimento desta energia. Portanto, a volatilidade do mercado internacional combinado com os investimentos exigidos em termos de infraestrutura a ser desenvolvida para a importação de gás natural, é provável que gere um aumento nos preços do mercado cativo

Por outro lado, também é necessário considerar que o setor de energia e o governo nacional colombiano optaram por conseguir aumentar a capacidade de geração necessária para atender a futura demanda de eletricidade, com geração hidrelétrica baseada em novos grandes projetos e em alguns projetos térmicos com carvão já programado para construção, com os quais se espera ajudar frente aos aumentos esperados no preço do gás natural e os eventuais períodos de baixa hidrologia.

No entanto, não está claro se todos os projetos levantados serão construídos a tempo e se a capacidade de expansão planejada e seus custos serão suficientes



para neutralizar a pressão no aumento dos preços da eletricidade. Enquanto isso, os consumidores de energia em larga escala, como no caso da indústria, estão procurando soluções alternativas ao varejo para reduzir suas contas de eletricidade de maneira sustentável e a energia renovável poderia fazer parte do portfólio de soluções.

Além disso, ao nível do mercado cativo um aumento no número de geradores de energia renovável participando desse mercado poderiam também criar um mercado cativo sólido e com liquidez, criando pressão para abaixar os preços do mercado spot (como resultado do baixo custo de operação associada às FNCER, como vento, solar e geotérmica).

Em 2013, os preços do mercadocativo de energia estavam em torno de 178 COP/kWh, enquanto que nos meses de maio e junho de 2014 a média subiu para 358 COP/kWh, com preços máximos da ordem de 478 COP/kWh. Em contraste, é importante notar que o preço de licitações públicas para energia renovável na região tem diminuído nos últimos anos com preços menores aos mencionados acima. É assim que, por exemplo, os contratos de energia de longo prazo para energia eólica subscrita em países como Peru, Brasil e Uruguai através de leilões realizados entre 2006 e 2012, estavam na faixa de 80-180 COP/kWh, enquanto as ofertas de FV solar feitas no Brasil, em novembro de 2014, também se aproximaram para esse intervalo (87 USD/MWh). Porém, este tipo de projetos com tecnologias renováveis não estão isentas de lidar com a incerteza associada aos projetos com tecnologias convencionais como a rejeição das comunidades ou oposição de setores por questões sociais ou ambientais.

#### **2.4.3. Oportunidade de desenvolvimento econômico**

Embora alguns países se voltem à energia renovável principalmente por razões de independência energética e motivações ambientais, outros países investem nela por meio de políticas industriais voltados ao desenvolvimento econômico. Países como a China e a África do Sul, por exemplo, têm requisitos significativos em seus programas de energia renovável para apoiar o desenvolvimento da indústria nacional. Por exemplo, há alguns anos a Arábia Saudita anunciou que irá desenvolver uma capacidade de 54 GW de energia renovável até o ano de 2030, a fim de reduzir o consumo de petróleo e ao mesmo tempo reposicionando sua

economia para exportar tecnologias de energia renovável (Al-Gain, 2012). Em outros casos, como as nações insulares que dependem do petróleo, a energia renovável é significativamente mais barata que as alternativas de combustível fósseis (Rickerson, et al, 2012). Ao mesmo tempo, o uso de energia renovável também pode ser usado como uma estratégia para desenvolvimento econômico dado que a aplicação das tecnologias, como é o caso da FV solar, cria mais empregos que os investimentos em projetos de geração com combustíveis fósseis, e mantém empregos "locais" dentro das indústrias (Renner, et al, 2008). Além disso, as energias renováveis instaladas no local podem fornecer aos negócios e indústrias uma oportunidade significativa para gerar poupança na conta de energia, contrariando a volatilidade de preços dos combustíveis fósseis e competindo mais efetivamente internacionalmente.

A economia colombiana cresceu durante a última década (taxa anual de 4% em média). As exportações quadruplicaram, o investimento direto estrangeiro cresceu em um fator de oito vezes e o país teve o nível de investimento reiteradamente alto por agências internacionais. Apoiando a energia renovável de uma maneira estratégica, a Colômbia poderia adicionar um impulso adicional ao seu crescimento econômico, reduzindo os custos de energia para setores industriais, desde que estejam desenvolvidos projetos competitivos em relação a condições do mercado.

#### 2.4.4. Tendência de preços da energia renovável

Os avanços das energias renováveis referentes às melhorias tecnológicas e à velocidade com que os custos tem sido reduzidos, especialmente no caso da energia fotovoltaica, tem surpreendido até os analistas internacionais. A tabela 1 mostra que as expectativas planejadas foram alcançadas ou superadas.

**Tabela 1** - Projeção da energia renovável 1996 - 2000

Organización documento (año)	Proyección	Real
IEA (2000)	3% de energía renovable a nivel global (sin incluir hidroeléctricas) en 2020	3% alcanzado en 2008
IEA (2000)	30 GW de eólica a 2010	200 GW a 2010
Greenpeace (1999)	180 GW eólica global a 2010	198 GW a 2010
EPIA (2000)	2 GW de solar FV en Europa a 2010	29 GW de solar FV a 2010
Banco Mundial (1996)	8,5 GW de eólica en China a 2020	45 GW de eólica a 2010

Fonte:UPME 2015

Uma das razões pelas quais a maioria dessas projeções não foram precisas (com exceção do Greenpeace), foi que alguns dos analistas subestimaram o desejo de alguns países para capitalizar o valor da energia renovável e não previram os instrumentos políticos que seriam utilizados em todo o mundo para a promoção dessas fontes. Do mesmo modo, os analistas não levaram em conta, no seu momento, a drástica redução de preços que seria apresentada no caso da tecnologia FV solar. Até hoje, tanto os benefícios das energias renováveis como a redução nos custos de sistemas e tecnologias associadas seguem criando a possibilidade que o mercado de energia renovável continue a nos surpreender.

Por outro lado, no caso da energia eólica, embora não tenham mostrado uma tendência semelhante à da tecnologia FV solar, os custos da tecnologia, em particular das turbinas ou aerogeradores, experimentaram um aumento entre os anos de 2003 e o 2008, passando de valores de 1.000 USD/kW a 1.600 USD/kW e depois redução em 2013 novamente para os níveis de custos experimentados até 2004 (EUA DOE, 2013). No entanto, o ponto a ser destacado no caso são os avanços representativos alcançados em termos de eficiência e sofisticação desses equipamentos. Atualmente, se obtém o mesmo output de energia por custos mais baixos do que 5 e 10 anos atrás.

Enquanto isso, as tecnologias associadas aos recursos de energias renováveis, como energia geotérmica ou biomassa apresentam custos relativamente estáveis sendo que são associados principalmente a tecnologias maduras utilizadas no caso de plantas térmicas com utilização de combustíveis convencionais. No entanto, na medida em que estes avanços tecnológicos evoluem, os custos, embora possam ser ainda altos no caso de tecnologias relativamente novas associadas à biomassa, como gaseificação ou pirólise, ao longo prazo eles tendem para sua redução.

Dadas essas tendências de custos e o potencial dos recursos renováveis disponíveis a nível nacional, pode-se dizer que o contexto atual é o certo para formulação de políticas pelas autoridades colombianas para dedicar esforços para o fomento dessas tecnologias que podem trazer benefícios de médio e longo prazo, através do estabelecimento de diretrizes políticas com normas e regulamentação favorável para sua participação.

## **2.5. Potenciais Energias renováveis**

Colômbia, pela composição de sua indústria e sua economia, não se caracteriza como um país desenvolvedor de tecnologias. No entanto, nos últimos 30 anos conseguiu reunir alguma experiência em tecnologias solares fotovoltaicas e solares térmica, e também no aproveitamento energético da biomassa como o bagaço de cana para fins de cogeração, e no desenvolvimento de alguns projetos demonstrativos com energia eólica.

Os recursos disponíveis a nível nacional são irradiação solar média de 194 W/m<sup>2</sup> para o território nacional, ventos localizados de velocidades médias na ordem de 9 m/s (para 80m de altura para o caso particular do departamento de La Guajira) e potenciais energéticos na ordem de 450.000TJ por ano em resíduos de biomassa. Estes representam um atrativo potencial em comparação com outros países localizados em outras latitudes do planeta. Isto, combinado com a existência de tecnologias que ajudam no aproveitamento destes recursos e as tendências da redução dos custos deles, uma grande dependência de recurso hídricos em termos de geração de eletricidade associado aos riscos das mudanças climáticas, e preços ao usuário final na faixa de 11 a 18 US cent/kWh, faz que na Colômbia haja interesse em considerar o uso dessas fontes inexploradas. Isso, aliado às expectativas de aumento no custo dos combustíveis fósseis, como o gás e o propósito da Lei 1715-2014 para a manutenção de uma baixa produção de carbono e desenvolvimento de uma indústria energética amigável com o meio ambiente, com responsabilidade social e economicamente sustentável ao longo prazo, porém o planejamento energético do país requer necessariamente considerar o uso, implantação e desenvolvimento de tecnologias.

### **2.5.1. Energia Eólica**

A energia eólica é a fonte moderna de energia renovável de maior difusão no mundo, com 318 GW de capacidade instalada até 2013, e a de maior crescimento nos últimos 10 anos, de 48 GW instalado no final de 2004 para o 318 GW em quase 10 anos, com uma taxa crescimento médio de 21% nos últimos 5 anos. Países como Dinamarca e Espanha produzem hoje, respectivamente, 39,1% (2014) e 20,9% (2013) de sua eletricidade a partir de esta fonte. Fabricantes de grandes turbinas, como Vestas (Dinamarca), Goldwind (China), Enercon (Alemanha), Siemens

(Alemanha), General Electric (EUA) e Gamesa (Espanha) dominam mais de 50% do mercado mundial, e existem no mundo hoje mais de 100 empresas de manufatura de turbinas eólicas, pelo menos três das quais tem presença em países latino-americanos como Brasil e Argentina (REN21, 2014 e Energynet DK, 2015).

Países da América Latina como Peru, Panamá, Chile, México e Brasil hoje têm capacidades de vento instaladas ou prestes a serem encomendadas de 148 MW, 220 MW, 836 MW, 2,3 GW e 5,9 GW, respectivamente, enquanto a Colômbia tem 19,5MW conectados ao SIN – Sistema Interconectado Nacional - (capacidade que não tem aumentado desde a sua instalação em 2003). Embora o recurso eólico na Colômbia não seja caracterizado por ser um dos melhores, tem disponibilidade em certas regiões onde pode ser aproveitado, na Guajira e grande parte da região do Caribe, bem como parte dos departamentos de Santander e Norte de Santander, áreas específicas de Risaralda e Tolima, Valle del Cauca, Huila e Boyacá. Sendo no caso específico de La Guajira um dos melhores locais da América do Sul devido a esse departamento ter concentrados os maiores regimes de ventos alísios que o país recebe ao longo do ano com velocidades médias próximas 9 m/s (a 80 m de altura) e direção predominante leste-oeste (Huertas, et al, 2007) que estimados representam um potencial energético que poderia se traduzir em uma capacidade instalada da ordem de 18 GW elétricos (Pérez, et al, 2002), ou seja, quase 1,2 vezes a capacidade de geração instalado no SIN até dezembro de 2014 (15.465 MW). Do mesmo modo, se o resto da costa caribe fosse acrescentada, com seu vento com velocidades ligeiramente inferiores para os da Guajira, mas com as zonas costeiras igualmente atraente, sob pressupostos de viabilidade técnica feitas no 2007, o potencial de região no total do caribe colombiano equivaleria a capacidade instalada de 20 GW.

Em vista desse potencial considerável, grandes empresas de geração na Colômbia, bem como outras pequenas empresas e empresas estrangeiras, hoje têm estações e projetos de medição concentrada na região costeira Norte e, respectivamente, na Guajira, com planos para o desenvolvimento de projetos de geração eólica, no curto e médio prazo.

No entanto, existem barreiras que impedem ou complicam a viabilidade desses projetos por fatores como, no caso de La Guajira, a falta de infraestrutura necessária para transmitir a energia produzida pelo caribe até o interior do país, a complexidade dos processos de negociação com as comunidades que habitam na região e, em

geral, a ausência de uma regulamentação e existência de normas que permitam a participação deste tipo de energia variável no mercado nacional de energia e que fazem com que não se valore a possível contribuição que isso faria ao sistema elétrico em termos de complementaridade da geração de energia hidráulica.

Os motivos ou justificativas que levam a considerar o desenvolvimento de projetos em áreas de alto potencial e investimento de esforço e dinheiro necessários em áreas como La Guajira, como um nicho de oportunidade que traria benefícios para o país são vários. Por um lado, vale a pena considerar o valor associado ao uso do recurso eólico em La Guajira (valor que hoje no dia não é significativamente aproveitado) que é capaz de substituir, por exemplo, parte do gás natural que é usado para a geração de energia elétrica. Também, este mesmo benefício pode ser entendido como a redução na necessidade de construir plantas de geração custosas como usinas térmicas, que operam com gás e líquidos, na região do Caribe, onde o custo, além de serem relativamente altos, estão sujeitos à volatilidade do mercado internacional.

Outro benefício associado ao anterior é a redução nos custos associados ao problema de restrições do sistema, permitindo o despacho de energia mais barata e aumentar a capacidade de geração na região do Caribe que depende em grande parte da energia gerada no centro do país. Da mesma forma, a complementaridade da fonte eólica com a fonte hídrica, sendo que se tem alternância de ventos e precipitação devido as mudanças climáticas como o fenômeno El Niño e os períodos cíclicos naturais de chuva e seca, representa um benefício para os agentes que operam a maioria das grandes usinas hidrelétricas no país e que está sendo valorizando nos últimos 10 anos.

Do mesmo modo, a substituição da geração térmica com fontes fósseis para energia eólica renovável representaria um benefício ambiental medido em termos de redução de emissões de gases do efeito estufa conforme estabelecido pela análise do ciclo de vida que indica fatores de emissões de 15 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas eólicas, 450 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para instalações de gás natural, 850 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas com combustíveis líquidos e 1.000 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas de carvão (NREL, 2013a).

Destas vantagens, somadas ao estado maduro da tecnologia associada à geração eólica e sua redução de custos em termos de kWh gerado, especialmente os aspectos da diversificação e complementaridade que a energia eólica pode oferecer

à cesta elétrica nacional, reduziria eventualmente (ao longo prazo) o custo da geração do sistema, bem como os riscos de racionamento diante dos fenômenos climáticos que levam à falta de recursos hídricos, fonte que, é necessário lembrar, o país depende hoje para geração de 75% em média, e representando 70% da capacidade instalado do SIN.

Por estas razões, ao ter um cenário de oportunidades e, ao mesmo tempo, desafios importantes para seu uso nesta região, é considerado o desenvolvimento de projetos eólicos de médio porte e grande escala, começando na Guajira, como um nicho de oportunidade chave para obter benefícios não só ambientais e econômicos mas igualmente sociais. Através da promoção do uso de energia de origem renovável, amplamente disponível e acionar do Estado para assegurar o bem-estar de comunidades que vivem nesta região, devido às atividades laborais e econômicas que o desenvolvimento desses projetos pode originar.

### **2.5.2. Energia Solar FV**

A energia solar hoje representa a segunda fonte avançada de energia renovável no mundo, após o vento, com uma produção entre 0,85% e 1% da demanda global de eletricidade (IEA, 2014c), alcançada através de uma capacidade instalada de 139 GW a 2013. Em 2013, esta tecnologia ultrapassou pela primeira vez em termos de crescimento a energia eólica com aumento da capacidade instalada de 39 GW (em comparação com 35 GW de turbinas eólica), com um crescimento de 55% anual nos últimos 5 anos. Países como Alemanha, China e Itália lideram a mercados de energia solar com capacidade instalada na ordem de 36, 19 e 18 GW, respectivamente (REN21, 2014). Também, os custos da tecnologia solar FV têm se reduzido consideravelmente nos últimos 10 anos.

Enquanto isso, no caso da Colômbia, as fontes disponíveis de informação de recursos solares indicam que o país tem uma irradiação média de 4,5 kWh / m<sup>2</sup> / d (UPME, IDEAM, 2005), que excede a média mundial de 3,9 kWh / m<sup>2</sup> / d, e está bem acima da média recebida na Alemanha (3.0 kWh / m<sup>2</sup> / d) (ArticSun, SF) país que faz maior uso de energia solar FV em todo o mundo, com aprox. 36 GW de capacidade instalada até 2013 (REN21, 2014). Embora recursos nas regiões na África, no Oriente Médio e na Austrália excedam, em termos gerais, o recurso disponível na América do Sul, a Colômbia representa bons níveis de irradiação solar, acima de tudo em comparação com os países nórdicos, por ser um países equatorial

e ter a vantagem de ter um bom recurso solar médio ao longo do ano e não ter estações.

O atlas de radiação solar do UPME mostra que regiões específicas do país, como La Guajira, a costa atlântica e outras regiões específicas nos departamentos de Arauca, Casanare, Vichada e Meta, entre outros têm níveis de radiação acima da média nacional que pode chegar à ordem de 6.0 kWh / m<sup>2</sup> / d, um recurso comparável com alguns das regiões com o melhor recurso do mundo, como é o caso do deserto de Atacama no Chile ou os estados do Arizona e do Novo México nos Estados Unidos (NREL, 2008). Por outro lado, as regiões como a Costa do Pacífico recebem níveis abaixo da média, que, no entanto, seguem sendo acima dos níveis da média anual recebida na Alemanha.

Das estimativas feitas pelo CorpoEma (2020), até 2020 na Colômbia deve haver cerca de 10 MWp instalados de capacidade solar fotovoltaica, correspondente a sistemas privados, aplicações profissionais e soluções interligadas (assume-se que elas são compostos principalmente por sistemas de baixa capacidade, abaixo da ordem de 10 kWp). Além disso, nos últimos anos, existem informações de instalação de um grande número de sistemas de capacidade superior a 10 kWp (da ordem de várias centenas de kWp) em ZNI, para uso em setores comercial e industrial. Atualmente, através do novo Sistema de Gestão da Informação e conhecimento em FNCER da UPME, se faz necessário inventariar esse tipo de projetos através do registro voluntário pelos desenvolvedores, instaladores e usuários interessados em compartilhar essas informações com o público em geral.

Como no caso da energia eólica, várias razões levam à consideração a energia solar FV como uma oportunidade de nicho com potencial para proporcionar benefícios significativos ao setor por meio de eficiência energética. Em primeiro lugar, há custos decrescentes da tecnologia, em particular de módulos solares ou células fotovoltaicas, sendo em alguns casos o custo da energia solar FV hoje competitivo com as taxas do mercado de eletricidade de varejo, especialmente nos níveis comercial e residencial. Por outro lado, através da implementação e a massificação de pequenos sistemas de auto-geração distribuída podemos atingir impactos positivos, como permitir que os usuários gerassem sua própria energia, reduzindo assim o risco da volatilidade e os aumentos habituais nos custos de eletricidade. Da



mesma forma, o uso de FV solar é capaz de produzir um deslocamento da geração de maior impacto ambiental, levando em consideração as análises do ciclo de vida de diferentes tecnologias, os fatores de emissão associados com sistemas fotovoltaicos solares estão na ordem de 50 kg CO<sub>2</sub> eq / MWh, em comparação com acima de 450 kg CO<sub>2</sub> eq / MWh para plantas operadas com combustíveis fósseis (NREL, 2013a).

Além disso, tendo em conta que a realização de os projetos mencionados acima foram possíveis até este momento sob um esquema normativo que impede a entrega de excedentes à rede e que a Lei 1715 de 2014 introduz a possibilidade para entregar tais excedentes e gerenciar um esquema de crédito para sistemas de autogestão pequenas empresas (usando FNCER em geral), esse novo cenário garante o desenvolvimento de uma maior quantidade de projetos dado que a entrega excedente representará poupança ou renda para o usuário que tornará seu investimento mais atraente com este tipo de sistemas.

Finalmente, através da promoção de esquemas de auto-geração em pequena escala que são fornecidos graças à versatilidade modular e fácil instalação de tecnologia solar fotovoltaica, sendo uma tecnologia acessível pelo menos para aquele público que hoje paga as taxas mais elevadas de energia no país, será possível começar o que agora é conhecido como a democratização do mercado de energia, na medida em que os usuários participem ativamente disso com a possibilidade de se tornarem produtores e, eventualmente, vendedores de excedente.

### **2.5.3. Energia de biomassa**

A biomassa ainda é hoje, como tem sido ao longo da história da humanidade, a fonte tradicional de energia renovável com maior participação na cesta de energia mundial, sendo protagonista especialmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento por meio do uso comum da lenha como energia pelas populações rurais e de recursos escassos para o trabalho, como preparação de alimentos e iluminação. É assim que o uso tradicional da biomassa representa hoje 9% do consumo final de energia do mundo, enquanto todas as outras fontes de energia renovável (incluindo usos modernos de bioenergia e biocombustíveis) somam 10% (REN21, 2014).

Produção de eletricidade

No que diz respeito à produção de eletricidade, de um total de 21.431 TWh de eletricidade produzida em 2010 no nível global (IEA, 2012b), a biomassa esteve envolvida na produção de 331 TWh, ou seja, com aproximadamente 1,5% desse total (IEA, 2012a). Entretanto, para 2013, há informações que indicam que esta geração atingiu 405 TWh (REN21, 2014), crescendo 22% em apenas três anos.

Enquanto os Estados Unidos são o país líder na geração de eletricidade a partir da biomassa com uma produção de 59,9 TWh (IEA, 2014) em 2013, representando apenas 1,5% de sua produção (igual a média mundial), o segundo produtor é a Alemanha, com 47,9 TWh em 2013, que representou 8,0% do seu consumo final de eletricidade nesse ano. O Brasil está muito em linha com a Alemanha quanto à participação doméstica do recurso, com uma participação de 8,1% (REN21, 2014) de sua eletricidade produzida a partir de biomassa e na Finlândia esta participação é de 12% (REN21, 2014).

### **Produção de calor, cogeração e transporte**

As utilizações de biomassa para fins de geração de energia estão geralmente associadas à sua utilização para a geração de calor útil através de esquemas de cogeração, sendo que em muitos casos isso também é usado para fins exclusivamente térmicos, enquanto em outros, para produzir energia para o setor de transporte (biocombustíveis). Assim, considerando os usos tradicionais e os usos modernos da biomassa como energia, sua participação na cesta de energia mundial é de pouco mais de 10%, considerando que em países como a Finlândia, Suécia e Estônia esta fonte excede 25% (REN21, 2014) da participação em tais usos finais da energia. Vale a pena notar o caso do Brasil, onde os números disponíveis sugerem que a biomassa ocupa um lugar preponderante na cesta de energia do setor industrial (ONUDI, 2006), com números da ordem de 40% para a indústria metalúrgica, 35% para a indústria do cimento e 75% para a indústria alimentar, enquanto este recurso representa 23% da cesta de energia do transporte rodoviário através da produção de biocombustíveis (IEA, 2014b).

Na Colômbia, de aproximadamente 62.200 GWh de eletricidade produzida no SIN em 2013, 10.440 GWh, equivalente a 1,3% dessa geração, correspondeu ao uso de biomassa ou, mais precisamente, ao uso de energia do bagaço da cana de açúcar.

Enquanto isso, o uso de biomassa para a produção de calor na indústria, especialmente representada pelo uso de bagaço, lenha, carvão vegetal e outros resíduos (como óleo de palma e arroz, geralmente utilizados para a produção exclusiva de calor), representa aproximadamente 11% da energia final total utilizada por este setor de consumo.

Por outro lado, a participação dos biocombustíveis na cesta nacional colombiana de energia contribui, de acordo com os números de 2012, com aproximadamente 4,8% do consumo final de energia no setor de transportes, e de 2013, com 7,04% no caso do transporte rodoviário (isto é, excluindo o transporte aéreo, fluvial, marítimo e ferroviário).

### **Potencial Associado**

No entanto, além do uso energético da biomassa já realizado na Colômbia, o potencial para uma maior utilização de resíduos agrícolas é considerável. As Tabelas 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6 mostram os potenciais representados nos resíduos de 8 produtos agrícolas, resíduos suínos, bovinos e avícolas e outras fontes de biomassa. Enquanto isso, o potencial para desenvolver culturas energéticas além da palma de óleo e da cana-de-açúcar, é igualmente considerável a disponibilidade de terras com vocação agrícola, com cerca de 15 milhões de hectares que hoje não estão destinados a essa atividade produtiva (Perfetti et al, 2013) e que enfrentam as necessidades e oportunidades de desenvolvimento que são particularmente importantes diante de um eventual cenário de pós-conflito em zonas rurais da Colômbia. Assim, esquemas integrados para o gerenciamento de resíduos de biomassa (por exemplo, resíduos de arroz, café, cacau, bananas e outras culturas) que integram a utilização de energia, juntamente com o eventual desenvolvimento de terras produtivas para culturas energéticas (como as culturas dendroenergéticas ou outras) devem desempenhar um papel importante no crescimento e modernização do setor agrícola nacional e no desenvolvimento do campo como tal.

Por isso, é necessário construir nos próximos anos uma política integral para o uso e o desenvolvimento da biomassa, que contemple como um dos seus pilares de promoção a apropriação energética, no que poderia ser chamado de política de bioenergia. É possível levar em consideração a experiência de países como a Suécia, o Brasil e a Índia, que são pioneiros no uso de energia da biomassa e com

uma visão de longo prazo, a Colômbia pode considerar a estruturação de uma economia que se transforme da atual dependência do petróleo (não apenas no aspecto energético, mas também no consumo de derivados deste recurso como matéria-prima) para um maior aproveitamento de recursos energéticos de origem renovável, podendo a biomassa ser um substituto direto do petróleo. Para analisar a forma de avançar nessa direção, podemos analisar os exemplos dos planos da Comunidade Européia para investimentos em bioenergia (IEA, 2014a) e os primeiros passos que estão sendo realizados por países como os Estados Unidos e Brasil no desenvolvimento de biorrefinarias, a partir da base de plantas de biocombustíveis existentes nesses países (US DOE, 2014b).

Mais a curto prazo, são descritas oportunidades concretas para o uso de resíduos, como no caso da indústria de palmeiras, onde tanto o lixo sólido como o efluente do processo de extração de óleo podem ser insumos de sistemas de cogeração eficientes com base principalmente na produção de eletricidade por meio de turbinas de condensação ou a geração de biogás para a produção de eletricidade através de motores de combustão interna. No entanto, neste e em outros casos, deve-se ter em mente que, dada a redução da demanda térmica de instalações de extração de óleo, hoje é mais viável e atraente para os investidores direcionar seus projetos de disposição de resíduos para a geração quase exclusivamente de energia elétrica que pode ser vendida como excedente depois de satisfazer sua própria demanda, levando em conta, além disso, que geralmente não há demanda alternativa para a comercialização ou comercialização de calor útil (em oposição à demanda de eletricidade).

Além disso, uma oportunidade para ser explorada a curto ou médio prazo seria o uso de energia de uma parcela do Resíduo Agrícola de Colheita - RAC - produto da colheita mecanizada de cana, que tem aumentado em volume nos últimos anos devido à tendência de mecanização que esta indústria tem experimentado como resposta a fatores ambientais, competitividade e sustentabilidade. Há também o caso do tratamento de águas residuais produzidas em plantas de alimentos e bebidas, a partir das quais o biogás (metano) é gerado e pode ser usado para a produção de energia térmica (como é feito agora em algumas indústrias no setor a nível nacional) e idealmente para projetos de cogeração em que, além de geração de vapor para usos em processos industriais, seja possível produzir eletricidade a

baixo custo que permita o retorno do investimento em tempos relativamente curtos (entre 3 a 4 anos).

Outro caso interessante que está sendo trabalhado na Colômbia e em muitos países do mundo é o uso de resíduos (não apenas biomassa, mas também resíduos industriais e outros classificados como perigosos) na indústria do cimento, nos quais elementos como pneus, óleos usados, materiais contaminados e também resíduos agrícolas, como cascas de arroz, são usados como uma fração de combustível em fornos de clínquerização. Na Colômbia, várias das principais empresas de cimento já possuem projetos que utilizam esse tipo de combustíveis alternativos como substituto do carvão, coque e gás, que são a principal energia utilizada a nível nacional nesta indústria. Além disso, hoje se fala de iniciativas e projetos, possivelmente em desenvolvimento, para geração e cogeração elétrica desses resíduos em uma indústria deste tipo.

Tendo em conta essas oportunidades e a curva de aprendizado hoje desenvolvida localmente por indústrias como o açúcar, o uso da biomassa como fonte de energia renovável representa um foco de interesse em que vale a pena a Colômbia fazer esforços políticos para a viabilidade de oportunidades de desenvolvimento técnico rural, nas quais a autossuficiência energética dessas fontes podem ser um motor para o agronegócio e que pode contribuir de forma relevante para a robustez do SIN através da integração dessas fontes que podem oferecer energia com um alto nível de firmeza (como fazem as fábricas de açúcar hoje com suas contribuições para a rede).

#### **2.5.4. Energia geotérmica**

Em respeito às fontes não convencionais de energia renováveis amplamente desenvolvidas no mundo, há a energia geotérmica, que hoje tem uma capacidade instalada da ordem de 11,7 GW em todo o mundo (até 2013) (Geothermal Development Association, 2013), sendo que os Estados Unidos, Filipinas e Indonésia são os países com maiores capacidades instalados, com 3,4, 1,9 e 1,3 GW, respectivamente. Países da América Latina como México, Costa Rica, El Salvador e Nicarágua também desenvolveram a exploração deste recurso, com o México com 980 MW, Costa Rica e El Salvador com pouco mais de 200 MW cada, e a Nicarágua com 155 MW. Entre os países com maior participação na geração de

energia geotérmica estão a Islândia (30%), as Filipinas (27%), El Salvador (25%), a Costa Rica e a Nova Zelândia (aproximadamente 14% cada).

Embora a Colômbia não seja um dos países com maior potencial para o uso do recurso geotérmico, possui zonas específicas como a zona vulcânica de Nevado del Ruiz e a região de influência dos vulcões Chiles, Cerro Negro e Azufral na fronteira com o Equador, áreas em que o recurso pode ser usado para a geração de dezenas de MW a custos muito baixos de produção e operação. No entanto, o principal desafio para o desenvolvimento deste tipo de projeto reside no risco e nos custos associados às etapas de exploração e na necessidade de estabelecer um quadro regulamentar adequado para a administração desse recurso que até agora não foi explorado na Colômbia.

De acordo com Haraldsson G. (2013) e OLADE (2013), o potencial para o desenvolvimento da energia elétrica do recurso geotérmico na Colômbia é estimado na ordem de 1 a 2 GW. Desde o final da década de 1970, foram realizados estudos para identificar áreas de alto potencial para o desenvolvimento desses tipos de projetos, e hoje duas das grandes empresas geradoras nacionais têm firmes projetos em etapas de licenciamento ambiental para exploração e exploração do recurso.

Entre suas vantagens, a energia geotérmica tem a capacidade de usar tecnologia equivalente à amplamente utilizada em usinas térmicas que operam com combustíveis fósseis de ciclos de Rankin e ciclos combinados. A diferença com estes últimos é que, em vez de precisar usar um combustível para obter o vapor saturado que impulsiona as turbinas de geração, é necessário perfurar poços em locais estratégicos onde se encontram reservatórios de água quente e vapor produzidos a partir do calor da terra.

Levando em conta os recursos significativos já investidos nestes desenvolvimentos futuros e considerando a ampla força e confiabilidade que podem oferecer esses tipos de plantas, identificamos na geotermia um nicho de oportunidade de grande interesse para ser incluída nas frentes de trabalho para o desenvolvimento do setor energético colombiano.

## **FNCER em ZNI**

No caso de zonas isoladas, em que as soluções convencionais de fornecimento de energia elétrica se baseiam principalmente no uso de geradores a diesel, as FNCER, como pequenos aproveitamentos hidrelétricos, sistemas fotovoltaicos, pequenos aerogeradores e aproveitamento energético de biomassa para combustão eficiente, representam soluções economicamente competitivas com tecnologia convencional, dado os altos custos associados principalmente ao transporte e consumo de diesel.

As ZNI são, então, uma oportunidade de nicho direto para a implantação de tecnologias FNCER acima referidas e sua implementação representa uma prioridade para o governo colombiano, tendo em conta, sobretudo, a disponibilidade de recursos como solar, água, biomassa ou vento, dependendo da área específica a ser servida. Esta opinião é corroborada por fatos como a Lei 697 de 2001, que estabeleceu a promoção do desenvolvimento de FNCE em zonas isoladas, enquanto o plano de ação indicativo 2010-2015 PROURE determina metas indicativas para uma quota de FNCE em na capacidade elétrica instalada em ZNI de 20% em 2015 e 30% em 2020. A este respeito, embora o plano de metas levantado provavelmente não tenha sido atingido ao fim de 2015 os números de IPSE indicam que aproximadamente 44% dos novos projetos até 2014 (62 de 141 projectos) estavam associados com o uso de FNCE, enquanto que 29% do total de recursos que estavam sendo investidos foram direcionados para aqueles projetos com FNCE (25.113 de 85.559 milhões de pesos).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Características da região

##### **Guajira**

O departamento de La Guajira, com uma área de 20.848 km<sup>2</sup>, limita ao norte com o Mar do Caribe, a leste com a República da Venezuela, no oeste e sul com os departamentos de Cesar e Magdalena. La Guajira é composta por 15 municípios, nos quais de acordo com o censo populacional vivem 623,250 pessoas, estando 342,120 localizadas em centros urbanos e 281,130 em áreas rurais. Sua capital, Riohacha, tem a maior concentração populacional com 169.311 pessoas (27,1% do total), distribuídas em 137.224 habitantes na área urbana e 32.087 na área rural. A população é predominantemente indígena e 80% pertencem ao grupo étnico Wayúu.

Em relação às condições econômicas dos Guajiros, de acordo com o Dane, no país, o Índice de Necessidades Básicas Insatisfeitas é de 27%, enquanto na Guajira atingem 65,2%, 40,4% em urbano e 91,9% em o rural. Uma das deficiências mais óbvias da região, em parte devido às condições do deserto, é o acesso ao sistema de abastecimento de água e ao serviço de esgoto.

Tradicionalmente, o departamento foi dividido em Alta, Media e Baja Guajira. Os municípios do Alto Guajira são Uribia, Maicao, Manaure e Albânia; na Guajira Media, estão localizados Riohacha, Dibulla e Hato Nuevo e no Baixo, Barrancas, Fonseca, Distração, San Juan, Villanueva, El Molino, Urumita e La Jagua del Pilar.

Na Alta Guajira, o ambiente que compõem a península têm características desérticas; Uribia é o segundo em tamanho da população com 116.674 habitantes, sua economia baseia-se especialmente na exploração do carvão nas minas da Zona Norte de Cerrejón; Além disso, nesta população há portos de embarque.

A rede de água de La Guajira é simples, o curso de água mais importante é o rio Ranchería, nascido na Serra Nevada de Santa Marta e que flui para o Mar do Caribe; muitos dos fluxos são insuficientes e temporários; entre eles os rios Ancho, Camarones, Cañas, Garavito, Lucuici, Sillamaná, San Francisco, San Miguel e San Salvador.



O clima de La Guajira, especialmente na península, é árido, seco e de altas temperaturas, modificado um pouco com a brisa do mar e os ventos alísios do nordeste que sopram durante a maior parte do ano; a precipitação é escassa e geralmente ocorre nos meses de setembro a novembro, quando a Zona de Convergência Tropical (ITCZ) se move para o norte.

A economia do departamento de La Guajira depende do comércio, mineração, turismo e serviços. A agricultura e os animais ocupam uma linha secundária. O comércio está localizado em Riohacha e na cidade fronteiriça de Maicao. O carvão é minado nas minas de Cerrejón e Sal em Manaure. A agricultura é basicamente de subsistência, produzindo gergelim, arroz, sorgo, algodão, mandioca, cana-de-açúcar e tabaco. O departamento também tem importantes campos de gás.

**Figura 2** - Mapa da Guajira



**Fonte:** El Heraldo, 2016

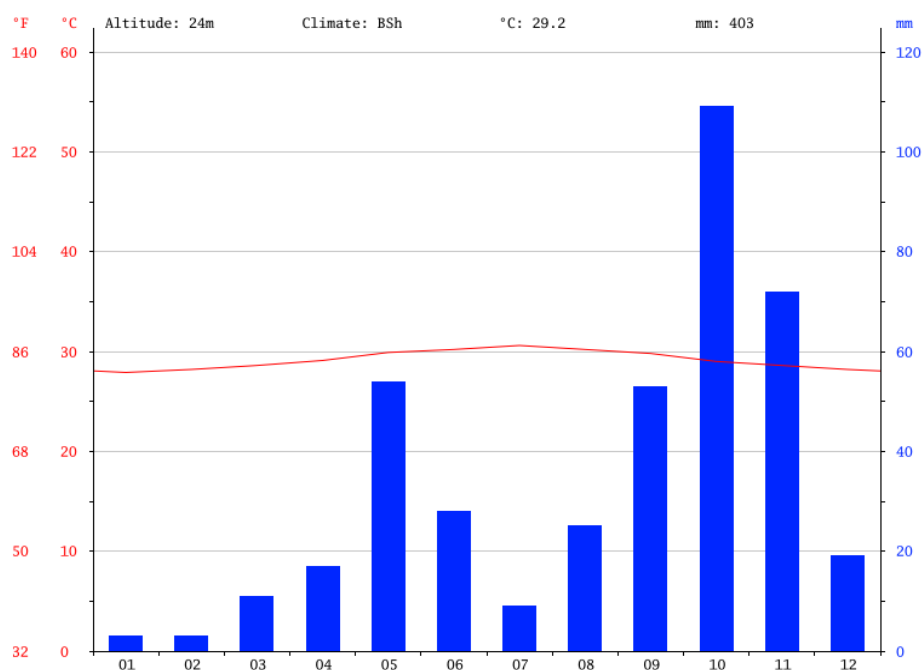
## Uribia

O projeto será feito em Uribia, na comunidade de Nazaré.

O município de Uribia tem vinte e um (21) distritos, dos quais, por ordem de importância, são os principais centros de colonização: 1. Nazaré, 2. Puerto Estrella, 3. Siapana e 4. Cabo de la Vela. E sem relação em ordem de importância estão os vilarejos menores: 5. O Cardon, 6. Wimpeshi, 7. Guarerpa, 8. Bahia Honda, 9. Carrizal, 10. Punta Espada, 11. Castilletes, 12. El Paraíso, 13. Taroa, 14. Casuso, 15. Taguaira, 16. Porshina, 17. Irraipa, 18. Taparajin, 19. Urú, 20. Jojoncito e 21. Puerto López.

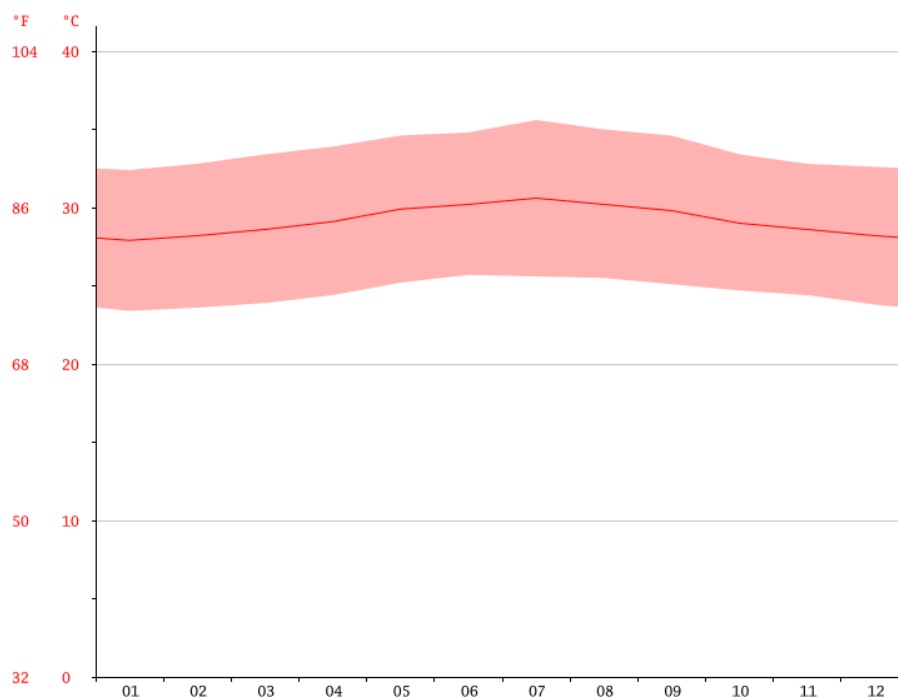
O mês mais seco é janeiro. Há 3 mm de precipitação em janeiro. A maior quantidade de precipitação ocorre em outubro, com média de 109 mm.

**Figura 3 - Precipitação Guajira**



**Fonte:** Climate-Data.Org, 2017

Com uma média de 30,6°C, julho é o mês mais quente. As temperaturas médias mais baixas do ano ocorrem em janeiro, quando é de cerca de 30°C.

**Figura 4-** Variação de temperatura Guajira

**Fonte:** Climate-Data.Org, 2017

A precipitação varia 106 mm entre o mês mais seco e o mês mais úmido. A variação das temperaturas ao longo do ano é de 2,7 ° C

Nazaré, a principal comunidade do município de Uribia, localizada a 9 horas por estrada da Riohacha, onde vivem aproximadamente 7.000 habitantes que são principalmente Wayuu. Eles vivem da criação de gado, agricultura e artesanato. Nele se encontra o “Centro Etno-Educativo”, um lugar que desde 2014 realiza trabalho humanitário com a ajuda de entidades nacionais e internacionais (dias de saúde, segurança alimentar, arte e exposição global, entrega de água na rancheria menos favorecida da área, recreação infantil).

Objetivos gerais do projeto

Os objetivos gerais do Projeto Tayunkerru são os seguintes:

a) Satisfazer as necessidades físicas, afetivas e educacionais dos filhos Wayuú da Guajira Superior. Este projeto procura acompanhar os esforços da Diocese de Riohacha que atualmente não tem espaço suficiente para atender a demanda de crianças que desejam entrar para estudar neste campus. A educação é nossa forma de transmitir, preservar, reproduzir e construir cultura.

b) Facilitar a conciliação da vida familiar e laboral com as famílias, cooperar com os chefes das famílias no cuidado, atenção e educação de seus filhos e filhas, oferecendo-lhes um horário de treinamento para artesanato e artesanato a zona.

### **População**

Devido às características culturais peculiares da etnia Wayuu, os assentamentos humanos derivados deste grupo têm suas próprias condições constituídas em comunidades dispersas. As organizações sociais são expressas dentro deste grupo étnico na forma de casta ou clãs matrilineares. Os mais representativos da Alta Guajira são:

CASTA% \* Uriana 24,3 \* Epieyu 16,3 \* Ipuana 13,1 \* Pushaina 11.1 \* Sapuana 4.0 \* Apushana 3,9 \* Jayariyu 3,9 \* Girnu 3,7 \* Urariyu 3.2 \* Sijuana 3.1

Outras organizações sociais indígenas e espontâneas não existem dentro de etnia, e só Yanama é um tipo de organização comunitária transitória para o trabalho em algumas atividades especiais, como a construção de poços, limpeza jardins etc.

Tradicionalmente, os Wayúu nunca formaram grandes organizações comunitárias; os líderes familiares controlam grupos de apushi (descendentes uterinos), ancestralmente dispersos. Em sua história nunca foi possível identificar "Caciques" com poder sobre comunidades maiores; A partir daí derivou sua irredutibilidade ante da conquista, mas também sua fraqueza atual para a reclamação de seus direitos.

### **Fornecimento de Energia Elétrica**

Apesar de ser considerada fonte de energia para o país, a Guajira apresenta múltiplos problemas e deficiências nesse aspecto. O poder elétrico é talvez um dos mais importantes, se não mais, em que falhas múltiplas de fornecimento são evidentes. Estes são alguns dos principais motivos:

- Uma vez que não tem recursos hídricos, a geração local deve ser feita por meio de geradores térmicos que através de gás ou carvão produzem eletricidade. Assim, os recursos que devem estar disponíveis para geração térmica versus geração hidráulica são mais caros em longo prazo tornando o processo de geração mais complicado, inviável e pouco atraente. O centro do país alimenta a

costa sul através de uma linha de 500 kilovolts, que era frequentemente vítima de ataques de grupos ilegais, o que faz com que o serviço seja intermitente.

- A negligência política dos líderes na região, que não geram planos, métodos ou planos de cuidados adequados e atinjam as comunidades mais distantes do departamento.
- A pequena importância que é dada às comunidades ancestrais da região.
- Existe um aumento sem precedentes da demanda por energia elétrica na região, devido ao deslocamento resultante da violência.
- Desaprovação do potencial calórico e eólico com o qual a energia renovável pode ser gerada no município de Nazaré, a comunidade sofre escassez do serviço por 19 horas, uma vez que só tem energia das 5:00 da manhã às 10:00 da manhã. A energia vem de uma grande usina que funciona com a ACPM e, quando a gasolina acaba, a cidade fica sem luz durante vários dias.

### **3.2. Demanda energética**

O consumo levantado a seguir foi baseado nos dados da organização parceira PROSOWA que tem interesse de procurar o financiamento e realizar o empreendimento. A organização informou o tipo e quantidade de equipamentos necessários para cada um das aplicações analisadas, esta informação foi levantada diretamente com a comunidade a ser atendida. A potência estabelecida para cada equipamento foi levantada empiricamente tomando dados padrões para realizar os cálculos de consumo.

Apos os cálculos de consumo, foi feito um trabalho em conjunto com a organização parceira e a comunidade para realizar o levantamento das horas nas quais estes equipamentos estariam em uso para assim a partir dessa informação realizar um gráfico de perfil de demanda.

#### **3.2.1. Consumo Doméstico:**

Seguem os equipamentos de consumo, energia e horas de consumo respectivo para cada um dos tipos de residências existentes.

- Residência tipo I

- Residência tipo II

Na tabela 2 temos os consumos referentes as residências de tipo I

**Tabela 2** - Consumo energético residencial tipo I

Tipo de habitação		Residência tipo I				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	12	60	30	1800
Lâmpada (tipo fluorescente)	2	15	2	60	30	1800
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Carregador pequenas baterias	1	5	12	60	5	300
<b>TOTAL</b>		<b>33</b>		<b>292</b>		<b>5020</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 3 temos os consumos referentes as residências de tipo II

**Tabela 3** - Consumo Energético Residencial Tipo II

Tipo de habitação		Residência tipo II				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	12	60	30	1800
Lâmpada (tipo fluorescente)	3	15	2	90	30	2700
Máquina de costurar	1	125	3	375	20	7500
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Carregador pequenas baterias	1	5	12	60	5	300
TV	1	40	6	240	30	7200

Geladeira	1	40	24	960	30	28800
Antena parabólica	1	20	6	120	30	3600
<b>TOTAL</b>		<b>258</b>		<b>2017</b>		<b>53020</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 4, temos o resumo do consumo doméstico considerando um grupo de 89 residências onde 83% representa as habitações tipo I.

**Tabela 4-** Resumo de consumo energético doméstico

<b>Tabela de resumo de potência e consumo doméstico</b>				
<b>Tipo de habitação</b>	<b>Número</b>	<b>Potência</b>	<b>Consumo</b>	<b>Consumo</b>
		<b>[W]</b>	<b>[Wh/dia]</b>	<b>[Wh/mês]</b>
Residência tipo I	74	2442	21608	371480
Residência tipo II	15	3870	30255	795300
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>6312</b>	<b>51863</b>	<b>1166780</b>

**Fonte:** Elaboração própria

### **3.2.2. Consumo Comunitário e Público.**

Seguem os equipamentos de consumo, energia e horas de consumos respectivos para cada um dos tipos serviços comunitários.

- Creche
- Escola primária
- Escola secundária
- Centro de saúde
- Centro de comunicações
- Água e saneamento
- Iluminação
- Área comum

Na tabela 5, temos o consumo de uma creche para ensino infantil 75 crianças, de 3 a 5 anos de idade, em 2 salas de aula.

**Tabela 5** - Consumo energético creche

Tipo de serviço		Creche (capacidade de 75 crianças em 2 salas de aula)				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Lâmpada (tipo fluorescente)	3	15	2	90	20	1800
Reprodutor de som	1	100	1	100	20	2000
Carregador bateria lanterna LED	1	8	12	96	4	384
Computador	1	100	8	800	20	16000
Refrigerador	2	40	24	1920	30	57600
<b>TOTAL</b>		<b>263</b>		<b>3006</b>		<b>77784</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 6 temos o consumo de uma escola de ensino básico com capacidade de 230 alunos em 6 aulas de 6 a 14 anos de idade.

**Tabela 6** - Consumo energético escola primária

Tipo de serviço		Escola primária (capacidade de 230 alunos em 6 aulas)				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Lâmpada (tipo fluorescente)	8	15	2	240	20	4800
TV	6	40	2	480	20	9600
DVD	1	25	2	50	20	1000
Carregador bateria lanterna LED	1	8	12	96	4	384
Computador	2	100	8	1600	20	32000



Alto falantes pequenos	2	10	2	40	20	800
<b>TOTAL</b>		<b>198</b>		<b>2506</b>		<b>48584</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 7, temos o consumo de uma escola de ensino médio com capacidade de 100 alunos em 3 salas de aula de 15 a 17 anos de idade.

**Tabela 7-** Consumo escola secundária

Tipo de serviço		Escola secundária (capacidade de 100 alunos em 3 salas de aula)				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Lâmpada (tipo fluorescente)	4	15	2	120	20	2400
TV	3	40	2	240	20	4800
DVD	1	25	2	50	20	1000
Carregador bateria lanterna LED	1	8	12	96	4	384
Computador	2	100	8	1600	20	32000
Alto falantes pequenos	2	10	2	40	20	800
<b>TOTAL</b>		<b>198</b>		<b>2146</b>		<b>41384</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 8, temos o consumo de um centro de saúde que conta com os suprimentos básicos para preservação dos medicamentos e iluminação necessária.

**Tabela 8-** Consumo centro de saúde

Tipo de serviço		Centro de saúde				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Lâmpada (tipo fluorescente)	5	15	2	150	30	4500

Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	5	560
Computador	1	100	4	400	20	8000
Carregador bateria lanterna LED	1	8	5	40	10	400
Refrigerador	2	40	24	1920	30	57600
<b>TOTAL</b>		<b>171</b>		<b>2622</b>		<b>71060</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 9 temos o consumo do centro de comunicações

**Tabela 9-** Consumo centro de comunicações

Tipo de serviço		Centro de Comunicações				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	8	40	30	1200
Lâmpada (tipo fluorescente)	2	15	2	60	30	1800
Estação de rádio (alcance de 50 km)	1	1000	3	3000	20	60000
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Computador	1	100	4	400	30	12000
<b>TOTAL</b>		<b>1128</b>		<b>3612</b>		<b>76120</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 10, temos o consumo de água e saneamento referente ao bombeamento de água potável até a região da instalação do empreendimento, já que atualmente este trajeto é feito pelas mulheres até um poço de coleta de água de chuva ou mesmo o mar para coleta de água.

**Tabela 10** - Consumo água e saneamento

Tipo de serviço		Água e saneamento				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Bomba de água	1	1200	10	12000	30	360000
<b>TOTAL</b>		<b>1200</b>		<b>12000</b>		<b>360000</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 11 temos o consumo de iluminação externa do empreendimento.

**Tabela 11**- Consumo iluminação

Tipo de serviço		Iluminação				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Farol LED	1	50	10	500	30	15000
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>		<b>500</b>		<b>15000</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 12, temos o consumo de uma área comum que pode servir para reunir a população num centro comum para lazer ou discussões de decisões a serem tomadas.

**Tabela 12** - Consumo Área Comunal

Tipo de serviço		Área comunal				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	12	60	30	1800
Lâmpada (tipo fluorescente)	1	15	4	60	30	1800
Lanternas LED recarregáveis	10	20	5	1000	30	30000

Focos	10	200	6	12000	30	360000
<b>TOTAL</b>		<b>240</b>		<b>13120</b>		<b>393600</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 13, o resumo de consumos das áreas comunitária e públicas do empreendimento.

**Tabela 13 - Resumo consumo localidades públicas e comunitárias**

<b>Tabela de resumo de potência e consumo público e comunitário</b>				
<b>Tipo de serviço</b>	<b>Número</b>	<b>Potência</b>	<b>Consumo</b>	<b>Consumo</b>
		<b>[W]</b>	<b>[Wh/dia]</b>	<b>[Wh/mês]</b>
Creche	1	263	3006	77784
Escola Primaria	1	198	2506	48584
Escola secundaria	1	198	2146	41384
Centro de saúde	1	171	2622	71060
Centro de comunicações	1	1128	3612	76120
Água e saneamento	1	1200	12000	360000
Iluminação	18	900	9000	270000
Área comunal	2	480	26240	787200
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>4538</b>	<b>61132</b>	<b>1732132</b>

**Fonte:** Elaboração própria

### **3.2.3. Consumo de atividades produtivas.**

Seguem os equipamentos de consumo, energia e horas de consumos respectivos para cada uma das atividades produtivas.

- Empresa de manutenção de equipamentos
- Oficina de Costura

- Merceria
- Oficina de Construção
- Oficina elétrico-mecânica
- Fábrica de peixe
- Armazém agrícola
- Fábrica de gelo
- Criadouro de peixes

Na tabela 14, temos o consumo de uma empresa de manutenção de equipamentos tanto a serem instalados – painéis, baterias, etc. - como de motores de navios que são utilizados para pesca.

**Tabela 14 - Consumo empresa de manutenção**

Tipo de atividade		Empresa de manutenção de equipamentos				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	8	40	20	800
Lâmpada (tipo fluorescente)	6	15	8	720	20	14400
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Equipamento de solda	4	50	4	800	20	16000
Computador	1	100	4	400	20	8000
Outros equipamentos	1	1000	4	4000	20	80000
<b>TOTAL</b>		<b>1178</b>		<b>6072</b>		<b>120320</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 15, temos o consumo da oficina de costura devido a tradição na região de costura de mochilas cuja venda também sustenta as matriarcas chefes de família.

**Tabela 15** - Consumo oficinas de costura

Tipo de atividade		Oficina de costura				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	8	40	20	800
Lâmpada (tipo fluorescente)	4	15	8	480	20	9600
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Máquina de costurar	4	125	8	4000	20	80000
Computador	1	100	8	800	20	16000
Outros equipamentos	1	500	2	1000	20	20000
<b>TOTAL</b>		<b>753</b>		<b>6432</b>		<b>127520</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 16, temos o consumo energético de marcenaria.

**Tabela 16** - Consumo marcenaria

Tipo de atividade		Mercearia				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Radio	1	5	8	40	20	800
Lâmpada (tipo fluorescente)	4	15	8	480	20	9600
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Refrigerador	1	40	24	960	20	30
Computador	1	100	8	800	20	16000

Outros equipamentos	1	500	4	2000	20	40000
<b>TOTAL</b>		<b>668</b>		<b>4392</b>		<b>67550</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 17, temos o consumo de uma oficina de construção.

**Tabela 17** - Consumo oficina de construção

Tipo de atividade		Oficina de construção				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	6	30	20	600
Lâmpada (tipo fluorescente)	6	15	6	540	20	10800
Misturador	1	2500	6	15000	10	150000
Furadeira	1	1000	6	6000	10	60000
Maquina de corte madeira	1	2500	6	15000	10	150000
Computador	1	100	4	400	10	4000
Maquina de corte metal	1	1000	6	6000	5	30000
Ar-condicionado	1	2000	2	4000	10	40000
<b>TOTAL</b>		<b>9120</b>		<b>46970</b>		<b>445400</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 18 temos o consumo da oficina eletromecânica para motores a diesel e dos barcos.

**Tabela 18** - Consumo oficina eletromecânica

Tipo de atividade		Oficina elétrico-mecânica ( motores a diesel, motores de barcos)				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]

Rádio	1	5	6	30	20	600
Lâmpada (tipo fluorescente)	6	15	6	540	20	10800
Computador	1	100	4	400	10	4000
Máquina de solda	1	2500	6	15000	10	150000
Máquina de corte metal	1	2500	6	15000	10	150000
Ar-condicionado	1	1000	2	2000	10	20000
Carregador de baterias	1	50	24	1200	5	6000
Focos	2	100	6	1200	15	18000
Furadeira	1	1000	5	5000	10	50000
<b>TOTAL</b>		<b>7270</b>		<b>40370</b>		<b>409400</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 19, temos o consumo da fábrica de peixe para preservação do peixe devido a que o clima da cidade faz que o peixe se estrague muito rápido.

**Tabela 19 - Consumo fábrica de peixe**

Tipo de atividade		Fabrica de peixe				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Lâmpada (tipo fluorescente)	4	15	4	240	20	4800
Balança	1	200	3	600	20	12000
Bomba de água	2	2000	3	12000	20	240000
Compressor	1	2000	3	6000	20	120000
Ventilador/extrator	2	100	6	1200	20	24000
Secador	1	3000	6	18000	20	360000



Máquina de embalagem a vácuo	1	1000	6	6000	20	120000
<b>TOTAL</b>		<b>8315</b>		<b>44040</b>		<b>880800</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 20, temos o consumo energético do armazém agrícola

**Tabela 20** - Consumo de armazém agrícola

Tipo de atividade		Armazém agrícola				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Lâmpada (tipo fluorescente)	8	15	6	720	20	14400
Balança	1	100	4	400	10	4000
Motosserra	1	2000	4	8000	5	40000
				0		0
<b>TOTAL</b>		<b>2115</b>		<b>9120</b>		<b>58400</b>

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 21, temos o consumo do criadouro de peixes para reativar a pesca na região.

**Tabela 21** - Consumo criadouro de peixes

Tipo de atividade		Criadouro de peixes				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	8	40	30	1200
Lâmpada (tipo fluorescente)	5	15	8	600	30	18000

Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Refrigerador	1	40	24	960	30	30
Bomba de água	1	1000	1	1000	30	30000
<b>TOTAL</b>		<b>1068</b>		<b>2712</b>		<b>50350</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 22, temos o consumo da fábrica de gelo.

**Tabela 22** - Consumo de fábrica de gelo

Tipo de atividade		Fábrica de gelo (conservação do peixe)				
Equipamentos	Número	Potência [W]	Uso [h/dia]	Consumo [Wh/dia]	Uso [dias/mês]	Consumo [Wh/mês]
Rádio	1	5	8	40	30	1200
Lâmpada (tipo fluorescente)	5	15	8	600	30	18000
Carregador bateria lanterna LED	1	8	14	112	10	1120
Refrigerador	1	40	14	561	30	30
Máquina de gelo	1	2.610	14	36541	30	1879200
<b>TOTAL</b>		<b>2678</b>		<b>37854</b>		<b>1899550</b>

**Fonte:** Elaboração própria

Na tabela 23, temos o resumo de consumos de atividades produtivas

**Tabela 23** - Resumo de consumo atividades produtivas

Tabela de resumo de potência e consumo para atividades produtivas				
Tipo de atividade	Número	Potência [W]	Consumo [Wh/dia]	Consumo [Wh/mês]
Empresa de manutenção	1	1178	6072	120320

de equipamentos				
Oficina de Costura	1	753	6432	127520
Mercearia	1	668	4392	67550
Oficina de Construção	1	9120	46970	445400
Oficina elétrico-mecânica	1	7270	40370	409400
Fabrica de peixe	1	8315	44040	880800
Fábrica de gelo	1	2678	37854	1899550
Armazém agrícola	1	2115	9120	58400
Criadouro de peixes	1	1068	2712	50350
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>33165</b>	<b>197962</b>	<b>4059290</b>

Fonte: Elaboração própria

### 3.2.4. Resumo

Na tabela 24, temos o resumo de consumo total do empreendimento

**Tabela 24** - Resumo de consumo energético total

<b>Tabela de resumo de potência e consumo totais</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Número</b>	<b>Potência [W]</b>	<b>Consumo [Wh/dia]</b>	<b>Consumo [Wh/mês]</b>
Potência e consumo doméstico	89	6312	51863	1166780
Potência e consumo serviços comunitários e públicos	26	4538	61532	1740132
Potência e consumo para atividades produtiva	9	33165	197962	4059290
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>44015</b>	<b>311357</b>	<b>6966202</b>

Fonte: Elaboração própria

## 4 RESULTADOS

Primeiramente, para cobrir essa demanda, classificamos os serviços por quantidade de energia necessária em três grupos:

A) Entre 0 - 999 W de Potência instalada (amarelo)

B) Entre 1 a 5 kW de Potência Instalada (azul)

C) Entre 5 a 10 kW de Potência Instalada (verde)

**Tabela 25** - Consumo classificado por potência instalada

	Potência (W)	Consumo (Wh/dia)	Consumo (Wh/mês)	Número	Potência total	Consumo total (Wh/dia)	Consumo total (Wh/mês)
<b>Residência tipo I</b>	33	292	5.020	74	2.442	21.608	371.480
<b>Residência tipo II</b>	258	2.017	53.020	15	3.870	30.255	795.300
<b>Creche</b>	263	3.006	77.784	1	263	3.006	77.784
<b>Escola primária</b>	198	2.506	48.584	1	198	2.506	48.584
<b>Escola secundária</b>	198	2.546	49.384	1	198	2.546	49.384
<b>Centro de saúde</b>	171	2.622	71.060	1	171	2.622	71.060
<b>Centro de comunicações</b>	1.128	3.612	76.120	1	1.128	3.612	76.120
<b>Água e saneamento</b>	1.200	12.000	360.000	1	1.200	12.000	360.000
<b>Iluminação</b>	50	500	15.000	18	900	9.000	270.000
<b>Área comunitária</b>	240	13.120	393.600	2	480	26.240	787.200
<b>Oficina de manutenção de equipamentos</b>	1.178	6.072	120.320	1	1.178	6.072	120.320
<b>Oficina de costura</b>	753	6.432	127.520	1	753	6.432	127.520
<b>Mercearia</b>	668	4.392	67.550	1	668	4.392	67.550
<b>Oficina de Construção</b>	9.120	46.970	445.400	1	9.120	46.970	445.400

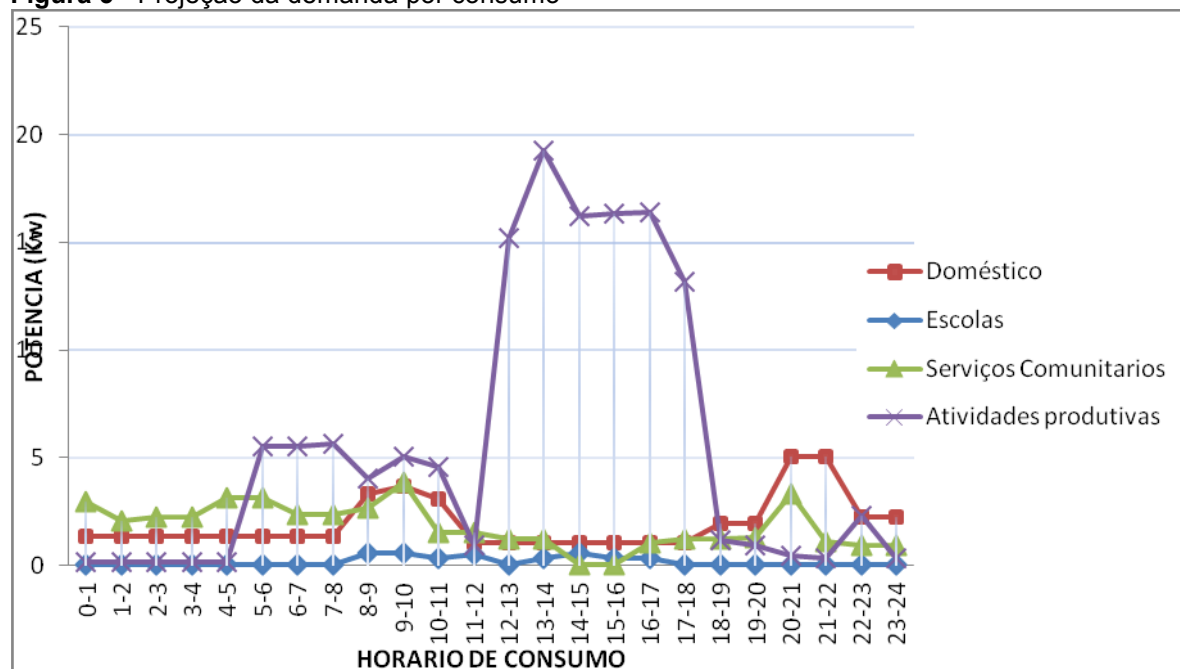
Oficina eletromecânica a Fábrica de peixe	7.270	40.370	409.400	1	7.270	40.370	409.400
	8.315	44.040	880.800	1	8.315	44.040	880.800
Armazém agrícola	2.115	9.120	58.400	1	2.115	9.120	58.400
Criadouro de peixes	1.068	2.712	50.350	1	1.068	2.712	50.350
Fábrica de gelo	2.678	37.852	1.133.320	1	2.678	37.852	1.133.320
<b>TOTAL</b>	<b>36.904</b>	<b>240.181</b>	<b>4.442.632</b>	<b>124</b>	<b>44.015</b>	<b>311.355</b>	<b>6.199.972</b>

Fonte: Elaboração própria

#### 4.1. Projeção da demanda energética

A demanda total a ser fornecida pode ser vista no seguinte gráfico, uma vez que nem todas as atividades terão um uso contínuo de energia, mas isso variará de acordo com as horas do dia :

Figura 5 - Projeção da demanda por consumo

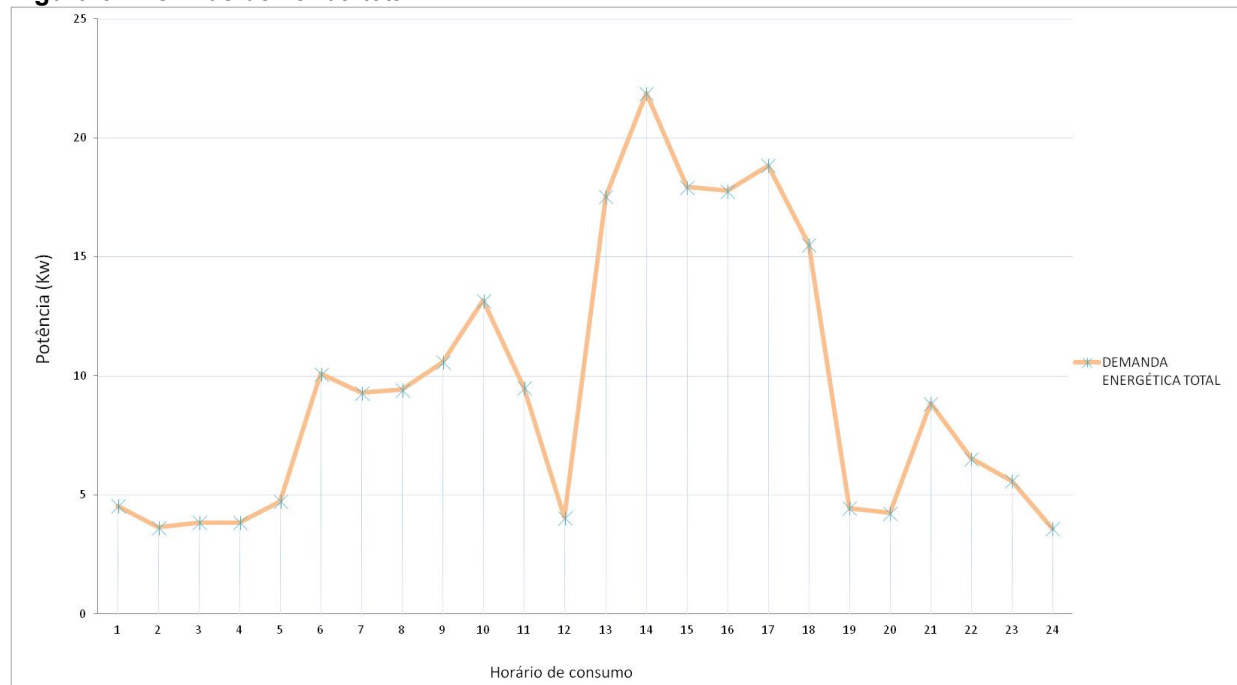


Fonte: Elaboração própria

Podemos observar por meio do gráfico que as PVs são a melhor opção sendo que o pico da demanda acontece do meio dia até as 18 horas.

Também, foi gerado um perfil de demanda geral, tomando como máxima demanda diária 22kW quando adicionamos as demandas de todos os serviços fornecidos, conforme mostrado abaixo:

**Figura 6 - Perfil de demanda total**



Fonte: Elaboração própria

## 4.2. Potencial das energias renováveis

Adicionando o consumo total de acordo com as tabelas de resumo, são total: 44.015kW, 311.355kWh/dia e 6.199.972kW / mês.

Analizamos os diferentes recursos para ver a viabilidade de cada um.

### 4.2.1. Hidráulica:

Potência que seria gerada pela instalação de uma usina hidrelétrica de micro-energia, tomando como fluxo o mínimo (estação seca) que é 160 L/s e perdas de 50%:

$$0,16 \text{ (m}^3 \text{ / s)} \cdot 9,81 \cdot 3 \text{ (m)} \cdot 0,5 = 2,35 \text{ kW}$$

Também tendo em conta que está a 20km de distância, a localização não parece ser uma boa opção deste recurso, basicamente porque dificilmente faz a diferença se quisermos fornecer a demanda por atividades produtivas com esse recurso.

Portanto, com esta micro-central forneceria muito pouco, porque se ele estava executando continuamente, ele só daria  $2,35\text{kW} \cdot 24\text{h} = 56,4\text{kWh}$ . E também com os

custos de investimento de  $2500 \cdot 2,35 = 5875$  euros para o fornecimento deste pequeno poder a priori parece inviável.

#### 4.2.2. Eólica:

A Guajira é um departamento propício à geração de energia eólica. Em consonância com o Atlas colombiano da energia eólica, a intensidade dos ventos na península colombiana (Alta Guajira) é estimada entre 5 m/s e 11 m/s ao longo do ano. O território tem uma experiência comprovada e bem-sucedida neste setor.

Desde 2004, o Parque Eólico Jepírachi, com capacidade de 19 MW (megawatts), de propriedade das Empresas Públicas de Medellín (EPM), atua no município de Uribia, mas ele não atende a demanda local. Até 2020, espera-se que novos atores ingressem no processo de geração de energia eólica em uma escala maior.

Energia Cinética =  $0,5 \times \text{Massa} \times \text{Velocidade}^2$

$$m = \rho V = \rho \cdot A v t = \rho \cdot \pi r^2 v t$$

Onde a Massa é medida em kg, a Velocidade em m/s e a Energia Cinética é dada em joules.

O ar tem uma densidade conhecida (cerca de 1,23 kg/m<sup>3</sup> ao nível do mar), assim, a massa de ar que atinge a turbina eólica (que varre uma área conhecida) a cada segundo é calculada através da seguinte equação:

Massa/seg (kg/s) = Velocidade (m/s) x Área (m<sup>2</sup>) x Densidade (kg/m<sup>3</sup>)

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{\pi}{2} \rho r^2 t \cdot v^3$$

Assim, a força (ou seja, a energia por segundo) do vento que atinge a turbina eólica com uma determinada área varrida é calculada através da simples inserção do cálculo Massa/seg, na equação padrão de energia cinética facultada acima, resultando na seguinte equação essencial:

Força =  $0.5 \times \text{Área Varrida} \times \text{Densidade do Ar} \times \text{Velocidade}^3$

$$P_{Wind} = \frac{E_{kin}}{t} = \frac{\pi}{2} \rho r^2 \cdot v^3$$

Onde a Força é medida em watts (ou seja, joules/segundo), a Área Varrida em metros quadrados, a Densidade do Ar em quilogramas por metro cúbico e a Velocidade em metros por segundo.

#### 4.2.3. Energia fotovoltaica

A avaliação do recurso solar na parte norte da península de La Guajira produziu resultados dependentes do tipo de atmosfera considerada. Assim, valores para a radiação multianual global média em um intervalo de 4,9 a 6 kWh / m<sup>2</sup> dia, com componentes de radiação direta de 4,5 até 5 kWh / m<sup>2</sup> por dia e radiação difusa de 0,4-2,8 kWh / m<sup>2</sup> por dia. Média de 7,7 horas de sol ao dia. (IDEAM,2014)

Segundo o mapa Solari métrico pode se considerar:

**Tabela 26 - Irradiação Guajira**

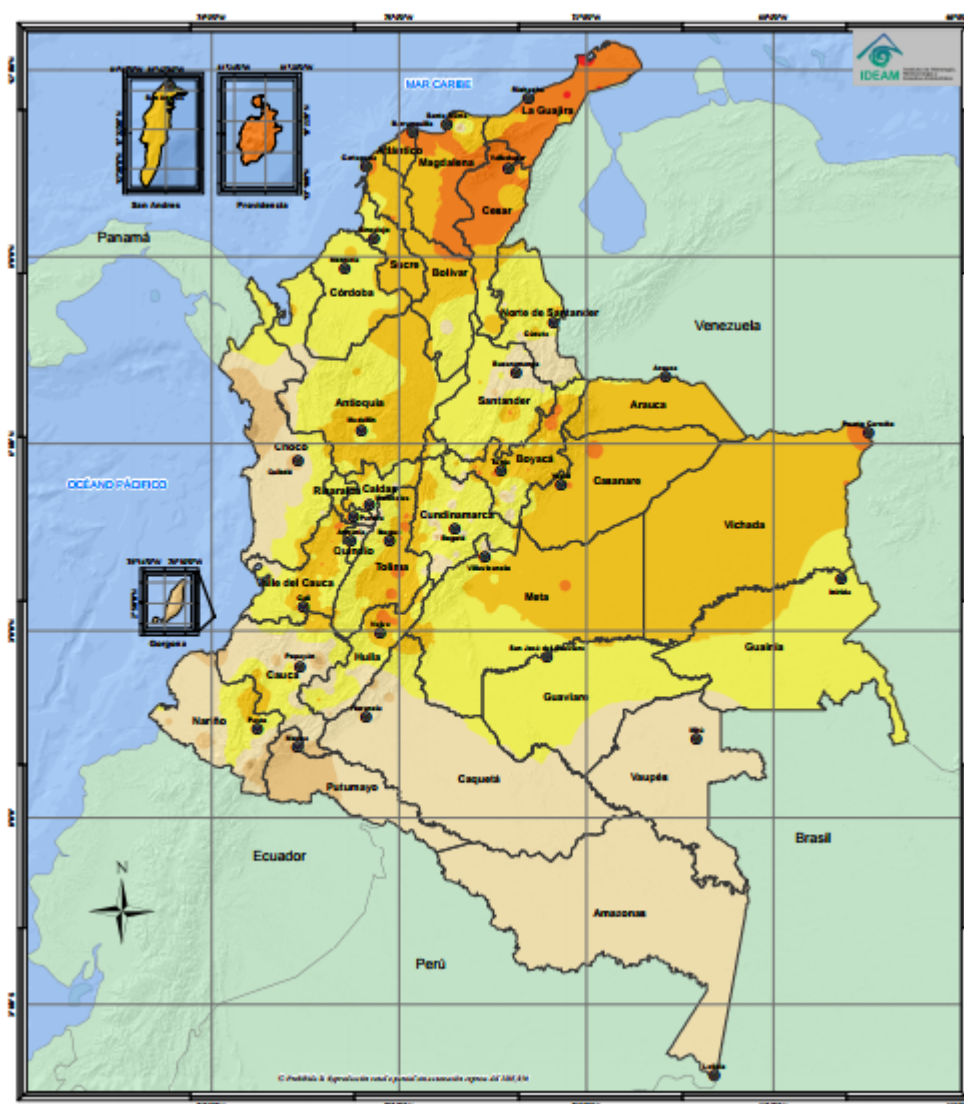
Valor médio (kWh/m <sup>2</sup> dia)													Média anual
Mês	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
G <sub>dm</sub> (0)	5,2	5,5	5,8	5,9	5,6	5,9	6,2	6,0	5,8	5,3	4,97	4,9	5,6

Fonte: IDEAM, 2017

**Figura 7- Mapa solar Colômbia**







Fonte: IDEAM, 2017

#### 4.2.4. Biomassa

Para o uso deste recurso, existem duas opções:

(a) Gaseificação de resíduos de madeira ou floresta:

Esta opção em pequena escala é simples e econômica. Mas deve-se ter cuidado com a emissão de monóxido de carbono e alcatrão quando fabricado localmente. De acordo com o estudo da FAO de 1993, existem obstáculos à sua implementação, mas através da ação governamental e da assistência internacional, pode ser superado.

**Tabela 27** – Potencial biomassa - gasificação

Preço	Poder calórico [kJ/Kg]	Potência elétrica [kW]	Rendimento [%]
-------	---------------------------	---------------------------	-------------------

Madeira	0.02 [€/Kg]	16500		
Gasificador + gerador	12000 [€]		9	17%

**Fonte:** Elaboração própria tendo como referência o livro de Geração de eletricidade a partir de Biomassa no Brasil, 2017

A energia que a madeira pode fornecer é 0.779 [KWh / Kg], obtendo 1 kWh com 1,28 kg de biomassa.

$$\text{Energia} = (16500 * 17\%) / 3600 = 0,779 \text{ [KWh / kg]}$$

Um gasificador que funciona 24 horas por dia pode atender a uma demanda de 216 [kWh] e exigiria 277 kg de madeira por dia. Isso significa que custa um investimento de 12.000 [€] para o gasificador e o gerador e 167 [em meses / mês] em matéria-prima. Para um total anual de 13996 [€]

$$\text{Quantidade de madeira} = 216 \text{ [KWh]} / 1,28 \text{ [Kg]} = 277,22 \text{ [Kg / dia]}$$

$$\text{Energia máxima entregue} = 9 \text{ [KW]} * 24\text{h} = 216 \text{ [KWh]}$$

$$\text{Custo} = 12000 \text{ [€]} + (277,22 \text{ [Kg / dia]} * 0,02 \text{ [€ / Kg]} * 360 \text{ dias}) = 13995,97 \text{ [€]}$$

(b) Produção de biogás:

O biogás pode ser utilizado tanto para iluminação, energia e/ou eletricidade. Quando instalado em pequena escala, ele pode ser usado para uso doméstico, como cozinhas ou iluminação. Neste caso, há uma planta com um volume de 8m<sup>3</sup>, que produz aproximadamente 1,5m<sup>3</sup> de biogás. A grande vantagem deste recurso é que ele usa substratos de matérias-primas sem custo e produz ao mesmo tempo fertilizantes que podem ser usados na agricultura.

**Tabela 28** - Potencial biomassa - biogás

	Preços	Poder calórico [kWh/m <sup>3</sup> ]	Produção [gás/dia]
Substrato	0	6	
Biodigestor 8m <sup>3</sup>	380 [€]		
Gerador elétrico 3kW	1200 [€]		
Vaca			0.4
Porco			0.15

**Fonte:** Elaboração própria tendo como referência o livro de Geração de eletricidade a partir de Biomassa no Brasil, 2017

Tendo em conta que o conteúdo energético do gás é de aproximadamente 23000 kJ / m<sup>3</sup> (6 kWh / m<sup>3</sup>). Isso significa que, para cada m<sup>3</sup> de biodigestor, obtemos 6 kWh. Portanto, para um biodigestor de 8m<sup>3</sup> poderia ter uma geração máxima de 48 kWh. Isso significaria esterco de 20 vacas ou 54 porcos. O custo para este seria o investimento de um biodigestor (380 [€]) e um gerador (1200 [€]) no total de 1580 [€].

#### 4.2.5. Diesel

Os motores diesel convencionais devem ser modificados para funcionar em biocombustíveis ou gases, isso pode reduzir a vida útil do motor. Tem a vantagem de ser uma tecnologia amplamente utilizada devido à sua acessibilidade, mas tem altos custos de manutenção. Assim como tem um impacto social e ambiental devido à poluição do ar e à audição.

**Tabela 29** - Produção com diesel

	Óleo		Biodiesel (ester metillico)		Gasóleo	Álcool	Gasolina
	Coisa	Girassol	Colza	Girassol			
<b>PCI [kJ/litro]</b>	34300	34140	33100	33040	35000	21164	32086
<b>Energia térmica [KJ/litro]</b>	16293	16217	15723	15694	16625	10053	15241
<b>Energia térmica [kWh/litro]</b>	4.526	4.505	4.367	4.359	4.618	2.792	4.234

Fonte: Elaboração propia

$$\text{Energia térmica [kJ / litro]} = \text{PCI [kJ / litro]} * \text{Desempenho térmico [\%]}$$

#### 4.2.6. Cálculos das possíveis soluções

##### Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica foi utilizada para cobrir a demanda da residência tipo I e tipo II, creche, escola primária, escola secundária, centro de comunicação, iluminação, área comunal, oficina de costura, mercearia, criadouro de peixes e empresa de manutenção de equipamentos fotovoltaicos.

**Tabela 30** - Fornecimento de energia fotovoltaica

SERVIÇO	SOLUÇÃO	Potência (W)	Consumo (Wh/dia)	Consumo (Wh/mês)	Potência de desenho (kW)
Residência tipo I	Fotovoltaica	33	292	5,020	0.03
Residência tipo II	Fotovoltaica	258	2,017	53,020	0.26

Creche	Fotovoltaica	263	3,006	77,784	0.26
Escola primária	Fotovoltaica	198	2,506	48,584	0.20
Escola secundária	Fotovoltaica	198	2,546	49,384	0.20
Centro de saúde	Fotovoltaica	171	2,622	71,060	0.17
Centro de comunicações	Fotovoltaica	1,128	3,612	76,120	1.13
Iluminação	Fotovoltaica	900	500	15,000	0.90
Área comunal	Fotovoltaica	240	13,120	393,600	0.24
Empresa de manutenção de equipamentos	Fotovoltaica	1,178	6,072	120,320	1.18
Oficina costura	Fotovoltaica	753	6,432	127,520	0.75
Mercearia	Fotovoltaica	668	4,392	67,550	0.67
Criadouro de peixes	Fotovoltaica	1,068	2,712	50,350	1.07

**Fonte:** Elaboração propia

A seleção de equipamentos para esta instalação para cada um dos serviços é a seguinte:

**Tabela 31** - Quantidades de painéis necessários

	Características dos serviços a serem atendidos						Painel				Nº total painel
	Dk (Wh/dí a)	Dk Eficiên cia Inverso r	Dk/Gd m (30□)	Pn (Wp)	Vn (V)	Imáx (A)	Pot( W)	Imax p (A)	Np	Ns	
Residência tipo I	292	324,44	72,10	86,52	12	7,21	50	2,64	3	2	4
Residência tipo II	2017	2241,11	498,02	608,1 4	24	25,3 4	195	5,49	5	2	7
Creche	3006	3340,00	742,22	906,3 3	48	18,8 8	250	4,92	4	2	4
Escola Primaria	2506	2784,44	618,77	755,5 8	24	31,4 8	195	5,49	6	2	8
Escola Secundaria	2546	2828,89	628,64	767,6 4	24	31,9 8	195	5,49	6	2	9
Centro de Saúde	2622	2913,33	647,41	790,5 5	24	32,9 4	195	5,49	6	2	9
Centro de Comunicaç ões	3612	4013,33	891,85	1089, 05	48	22,6 9	250	4,92	5	2	5
Iluminação	500	555,56	123,46	150,7 5	12	12,5 6	50	2,64	5	2	8
Área comunal	13120	14577,7 8	3239,5 1	3955, 78	48	82,4 1	270	5,21	16	2	17
Empresa de manutençã o de equipament	6072	6746,67	1499,2 6	1830, 75	48	38,1 4	270	5,21	8	2	8

OS

Oficina Costura	6432	7146,67	1588,15	1939,30	48	40,40	270	5,21	8	2	8
Mercearia	4392	4880,00	1084,44	1324,22	48	27,59	270	5,21	6	2	6
Criadouro de peixes	2712	3013,33	669,63	817,69	48	17,04	250	4,92	4	2	4

**Fonte:** Elaboração própria baseado nos cálculos no capítulo do livro Fundamentos da utilização de energia solar, 2017

Haverá painéis de 12 V, 24 V e 48 V dependendo do serviço a serem coberto, no total de 16 painéis de 12 V, 46 de 24 V e 96 de 48 V. Os módulos a serem instalados são os seguintes:

**Figura 8** - Exemplo de placa solar 12V



*12 V: Painel proporcionado por Artesa*

**Fonte:** ARTESA (2017)

**Figura 9** - Exemplo de placa solar 48v



*48 V: Painel proporcionado por Artesa*

**Fonte:** ARTESA (2017)

Para o caso das baterias foi utilizado um dia de autonomia 4 (Da) e que a profundidade de descarga máxima (Pdmax) é 0,5. Com isso, obtemos para os serviços os seguintes amperes hora:

**Tabela 32** - Cálculo de baterias

	Baterias		
	Cn (Da:4; Pdmax:0,5)	Número baterias	[Ah]
Residência tipo I	216,30	6	1440
Residências tipo II	747,04	12	2880
Creche	556,67	24	5760
Escola primária	928,15	12	2880
Escola secundária	942,96	12	2880
Centro de saúde	971,11	12	2880
Centro de comunicações	668,89	24	5760
Iluminação	370,37	6	1440
Área comunal	2429,63	24	5760
Empresa de manutenção de equipamentos	1124,44	24	5760
Oficina costura	1191,11	24	5760
Mercearia	813,33	24	5760
Criadouro de peixes	502,22	24	5760

**Fonte:** Elaboração própria

Tomando valores do catálogo de "Bateria tubular aberta (OpzS) AT" da isofono, obtemos a quantidade necessária de baterias de 2V em série para cada um dos serviços. Estas baterias de 2V têm uma capacidade de 249 (Ah), calculando com isso a quantidade de amperes disponíveis.

Para economizar os custos e ter uma instalação com uso eficiente das baterias estas serão instaladas para o uso do: centro de saúde, iluminação e a área comunal. Tendo como prioridade o centro de saúde sendo que precisa de iluminação as 24 horas ao dia e as baterias da área comunal poderão ser utilizadas também para as residências tipo 1 e 2. O número total de baterias a instalar é 42.

**Figura 10** - Dados das baterias

MODELO	Correspondencia DIN	Tensión (V)	Capacidad a 25° C (Ah)		Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso con ácido (Kg)
			10 h (1,8 V)	100 h (1,85 V)				
2.AT.240	-----	2	180	240	103	206	389	16.5
2.AT.295	4 OPzS 200	2	220	295	103	206	389	18.6
2.AT.361	5 OPzS 250	2	270	361	124	206	389	22

**Fonte:** ASUNIM, 2017

## Biogás

O Biogás será usado para suprir a demanda de água, da oficina agrícola e fábrica de gelo.

**Tabela 33** - Calculo de biogás

SERVIÇO	Tipo de recurso energético	Potência (W)	Consumo (Wh/dia)	Consumo (Wh/mês)	Pot de desenho (kW)	Consumo de biogás ao dia [m3]	Consumo de biogás ao mês [m3]	Consumo de biogás ao mês [m3]	Número de vacas
Água	Biogás	1,200	12,000	360,000	1.20	2	60	720	5
Oficina Agrícola	Biogás	2,115	9,120	58,400	2.12	2	10	117	4
Fábrica de gelo	Biogás	2,678	64,352	1,899,550	2.68	11	317	3,799	27

**Fonte:** Elaboração própria

A instalação de 2 equipamentos de 3kW será feita e estes serão alimentados por resíduos gerados por 36 vacas.

Um digestor de cúpula flutuante de 50 m3 será usado assumindo que ele tenha uma produção diária de gás de 0,3 por m3. Além disso, neste tipo de biodigestor, é possível ter como substrato mais adequado o resíduo animal, com ou sem resíduos vegetais, que ao ter uma comunidade de 4% dedicada a agricultura pode ter maior utilidade.

## Gasificador

O gasificador atenderá à demanda da oficina de construção, da oficina de manutenção elétrica e mecânica e da fábrica de peixe, porem como foram dispensadas algumas baterias esta também será utilizada de backup de energia a noite.

**Tabela 34** - Calculo de gasificador

SERVIÇO	Tipo de recurso energético	Potência (W)	Consumo (Wh/dia)	Consumo (Wh/mês)	Pot de desenho (kW)
Oficina de construção	Gasificadora	9,120	46,970	445,400	9.12
Oficina elétrica mecânica	Gasificadora	7,270	40,370	409,400	7.27
Fábrica de peixe	Gasificadora	8,315	44,040	880,800	8.32

**Fonte:** Elaboração própria

**Tabela 35** - Cálculo de gasificador (continuação)

SERVIÇO	Consumo de madeira ao dia (kg)	Consumo de madeira ao mês (kg)	Consumo de madeira ao ano (kg)	Custo anual de madeira[euros]	€/mês
<i>Oficina de construção</i>	60.12	570.11	6,841.34	136.83	11.40
<i>Oficina eletromecânica</i>	51.67	524.03	6,288.38	125.77	10.48
<i>Fábrica de peixe</i>	56.37	1,127.42	13,529.09	270.58	22.55

**Fonte:** Elaboração própria

Será instalado 1 equipamento de 9kW, o que exigirá 27 toneladas de madeira ao ano. Seu uso deve ser compartilhado pelas três instalações não estarão operando essas atividades simultaneamente. Fazendo uma limitação da utilização conjunta do equipamento para não exceder a potência máxima instalada a ser fornecida.



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1. Viabilidade econômica

Podem ser executados diferentes projetos, incluídos em itens que podem ser fornecidos com fundos de ajuda do governo, montantes de € 12.000, para poder viabilizar esta iniciativa.

Esta carteira de projetos começará com a eletrificação de moradias tipo I e II, juntamente com o workshop de manutenção para equipamentos e sistemas fotovoltaicos, a fim de fornecer treinamento e suporte ao próprio sistema energético que seria usado nos seguintes projetos. Isso geraria resultados imediatos na garantia de sua viabilidade econômica para o retorno do investimento em crédito recebido.

Posteriormente, os projetos do centro de saúde e centros educacionais, iluminação e serviços comunitários, centro de comunicação e finalmente oficina de costura e supermercado seriam executados.

É necessário realizar um controle da biomassa, sem abusar do recurso e coexistir com o uso de lenha para os fogões de lenha, já que este recurso de combustível não apresenta nenhum risco no momento e sim, esse é um elemento básico tanto na cultura como no caminho da vida da comunidade.

O uso de energia solar por geradores fotovoltaicos é uma economia de emissões de CO<sub>2</sub> nesta região onde a demanda de energia foi coberta pelo uso de baterias, motores diesel, querosene e outros poluentes para o meio ambiente. Seria interessante calcular exatamente quanto o CO<sub>2</sub> está atualmente emitido e o que a nova quantidade será emitida.

Por outro lado, se a existência de gado é suficiente, a instalação de biodigestores, embora produza emissões, seria uma opção muito útil evitando também o acúmulo de resíduos orgânicos com suas repercussões na saúde e higiene da população.

Quanto ao aspecto social, é claro que a introdução dos serviços acima mencionados aumentará a renda das famílias no futuro e/ou melhorará significativamente seus hábitos básicos de vida. Seria necessário fazer um estudo muito mais detalhado no

qual as estimativas da nova renda gerada pela introdução dos novos serviços sejam feitas.

Se for ser realizado um payback simples comparando o valor da nota anual vs a custo do investimento séria:

**Tabela 36 - Preço empreendimento**

	<b>Consumo total (kWh/mês)</b>	<b>Preço (COP kWh)</b>	<b>Preço no Mês (COP)</b>	<b>Preço no Ano (COP)</b>	<b>Preço no Ano (€)</b>
<b>Residência tipo I</b>	371,48	176	COP 65.547,65	COP 786.571,75	€ 262,19
<b>Residência tipo II</b>	795,3	176	COP 140.330,69	COP 1.683.968,2 2	€ 561,32
<b>Creche</b>	77,784	344	COP 26.738,25	COP 320.859,00	€ 106,95
<b>Escola primária</b>	48,584	344	COP 16.700,75	COP 200.409,00	€ 66,80
<b>Escola secundária</b>	49,384	344	COP 16.975,75	COP 203.709,00	€ 67,90
<b>Centro de saúde</b>	71,06	344	COP 24.426,88	COP 293.122,50	€ 97,71
<b>Centro de comunicações</b>	76,12	344	COP 26.166,25	COP 313.995,00	€ 104,67
<b>Água e saneamento</b>	360	344	COP 123.750,00	COP 1.485.000,0 0	€ 495,00
<b>Iluminação</b>	270	344	COP 92.812,50	COP 1.113.750,0 0	€ 371,25
<b>Área comunitária</b>	787,2	344	COP 270.600,00	COP 3.247.200,0 0	€ 1.082,40
<b>Oficina de manutenção de equipamentos</b>	120,32	413	COP 49.632,00	COP 595.584,00	€ 198,53
<b>Oficina de costura</b>	127,52	413	COP 52.602,00	COP 631.224,00	€ 210,41
<b>Mercearia</b>	67,55	413	COP 27.864,38	COP 334.372,50	€ 111,46
<b>Oficina de construção</b>	445,4	413	COP 183.727,50	COP 2.204.730,0 0	€ 734,91
<b>Oficina eletromecânica</b>	409,4	413	COP 168.877,50	COP 2.026.530,0 0	€ 675,51
<b>Fábrica de</b>	880,8	413	COP	COP	€

<b>peixe</b>			363.330,00	4.359.960,00	1.453,32
<b>Armazém agrícola</b>	58,4	413	COP 24.090,00	COP 289.080,00	€ 96,36
<b>Criadouro de peixes</b>	50,35	413	COP 20.769,38	COP 249.232,50	€ 83,08
<b>Fábrica de gelo</b>	1133,32	413	COP 467.494,50	COP 5.609.934,00	€ 1.869,98
<b>TOTAL</b>					€ 8.649,74

(\*) Taxa de câmbio de 1 Euro - 3000 COP

**Fonte:** Elaboração própria

$$Payback = \frac{€ 109.500}{€ 8.649,74} = 12,6 \text{ anos}$$

Se teria um retorno financeiro em 12 anos sem contar este cálculo foi feito como se a linha de transmissão já existisse (sendo que de fato não existe) a região de Uribia de acordo com o Sistema de Informação Elétrico Colombiano (SIEL) tem um índice de cobertura de energia elétrica de 5,24% nas áreas rurais.

## 5.2. Considerações finais

- Reativar e melhorar as condições de alimentação de bombas de extração de poço que sofrem com o mesmo problema de energia elétrica para o seu funcionamento.
- Com novas fontes de água, agricultura e pecuária são reativados, o que, de acordo com o governador de Rioacha, são as principais fontes de renda nesta região.
- Melhorará a qualidade de vida através da iluminação 24 horas por dia. Eles também terão acesso a fontes de educação à distância e a possibilidade de acessar a informação na internet a qualquer momento.
- A população pode exercer o direito à informação, pois garante a continuidade do equipamento de comunicação e o uso da telefonia celular.
- Já não dependerá dos geradores elétricos com os quais todo o sistema elétrico atual, como o hospital, a usina de dessalinização e a planta de extração de água, exigem o fornecimento de combustível diesel, esse recurso é caro e dada a

difficuldade de acesso a Nazaré, aumenta o custo de abastecimento. Além disso, as restrições geradas pelo governo venezuelano para a entrada de produtos e combustível.

- Ao mudar o Diesel que é um recurso não renovável para energia solar, o fornecimento de eletricidade é garantido 24 horas por dia, 365 dias por ano.
- O sistema solar fotovoltaico permite o armazenamento de energia, o que aumenta a confiabilidade do sistema, sem depender da operação de máquinas sujeitas a falhas súbitas. Da mesma forma, a eletricidade pode ser fornecida 24 horas por dia sem depender da luz do dia para a geração.
- Será possível melhorar as condições de renda econômica através da reativação do setor pecuário e agrícola, que são a principal fonte de renda para os habitantes do setor.
- Melhorar a educação, permitindo que os alunos estudem além do horário do dia, apresentando melhores condições de aprendizagem, como contagem de unidades de computador, internet ou ensino a distância se não houver professores suficientes.
- Reduz o isolamento e a marginalização através de melhorias em canais de informação e comunicação, como telefonia, TV, cinema, rádio e computadores. Permitir a implementação de medidas de segurança, tais como iluminação pública, iluminação de segurança, sistemas de alarme remoto, redes elétricas, sinais, cruzamentos e sinais de trilhos, luzes de aviso, etc.
- Melhora as condições de cuidados de saúde, fornecendo água potável e iluminação para clínicas rurais onde as vacinas podem ser protegidas, refrigeradores podem ser instalados para armazenar sangue, intervenções cirúrgicas podem ser realizadas com medidas adequadas de esterilização, As doenças poderiam ser prevenidas por raios-x, e as gravidezes poderiam ser monitoradas por ultrassom.
- Evita desastres naturais com a possibilidade de instalar repetidores e receptores de rádio, medir o tempo, obter dados e transmiti-los remotamente (por exemplo, medir níveis de rio ou usar sismógrafos), instalar sistemas de monitoramento de

terremotos, ou para poder contar com energia de emergência para assistência em caso de desastres, etc.

- Incentiva a produtividade, pois a eletricidade também permite irrigação de campos, processamento de culturas, preservação de alimentos, bombeamento de água, processamento agropecuário, construção de grades especiais, fabricação de gelo, etc. A geração de renda e o bem-estar social também aumentariam o crescimento econômico e proporcionariam os meios para pagar a eletricidade.
- A implantação de Energias Renováveis (ER) requer elementos de hardware e "software". O treinamento adequado em áreas como instalação, operação e manutenção - bem como atividades de aprendizado e conscientização - são fundamentais para desenvolver o conhecimento local necessário para um uso efetivo e sustentável de ERs. Se o desenvolvimento rural através do uso de ERs for sustentável e com baixo teor de carbono, é essencial construir capacidade local entre os fornecedores e usuários de tecnologia.
- A fim de mitigar a dependência dos fundos dos doadores, o apoio dos doadores deve estar de acordo com a política do governo e os planos de eliminação devem ser claramente articulados. Mecanismos como o MDL têm potencial para promover ERs nas áreas rurais, especialmente se vários pequenos projetos forem agrupados.
- Para deixar um mercado local sustentável para ERs após subsídios e o apoio dos doadores é eliminado, é imperativo que a oferta e a demanda local sejam desenvolvidas e totalmente conectadas entre si. Embora a regulamentação possa desempenhar um papel aqui, especialmente na manutenção do controle de qualidade e na gestão da concorrência, deve ser cuidadosamente orientada para que não evite que os mercados sustentáveis para RETs sejam estabelecidos.
- As oportunidades de compartilhamento de conhecimento, inovação e aprendizado por parte de fornecedores e usuários também podem ajudar a melhorar produtos e reduzir custos.

### **5.3. Dificuldades de implantação da solução**

#### **Barreiras Típicas**

- Incentivos errados, subsídios para fontes convencionais.
- Custo elevado e dificuldades de financiamento.
- Barreiras do mercado, regras ajustadas às fontes convencionais.
- Concorrência imperfeita, oligopólios fortes baseados em fontes convencionais
- Externalidades que não são valorizadas e internalizadas
- Falta de informação sobre recursos renováveis.
- Falta de capital humano com conhecimento de tecnologias.
- Preconceito tecnológico, inclinação para tecnologias convencionais
- Aumento dos custos transacionais, pesquisa, negociação, execução.
- Fatores regulatórios e institucionais, esquemas em torno do convencional.

#### **Licenciamentos**

Até à data, as regulamentações ambientais regularam problemas de geração com fontes termelétricas convencionais e hidrelétricas.

No entanto, não há termos de referência (TDR) para estudos de impactos ambientais de fontes não convencionais. Além disso, o mais crítico é o licenciamento correspondente aos processos de consulta prévia com comunidades indígenas como no caso de La Guajira.

#### **Requerimentos Técnicos**

Não há requisitos técnicos específicos definidos no código de rede para conexão e operação de parques interligados ao SIN.

#### **Infraestrutura**

Na grande maioria dos casos, para os quais a Colômbia não é a exceção, as áreas com maior potencial param do FNCER estão localizados em locais longe de obras de

infraestrutura essenciais, como redes de transmissão de energia, adequadas para o acesso e comunicação e outros serviços básicos, o que dificulta a construção desses projetos e, acima de tudo, é a sua integração no sistema energético nacional.

### **Complementaridade**

A filosofia ou conceito de energia firme, como energia que deve ser entregue a qualquer momento do tempo, é bastante exigente para o FNCER de personagem dependendo das condições climáticas e do momento do dia, do mês ou do ano.

A metodologia de cálculo da ENFICC - energia firme para a taxa de confiança - em vigor para 2014 para usinas eólicas é muito conservador e, portanto, não reconhece todos créditos que, de acordo com análises realizadas por terceiros, pode contribuir (COWI, 2014).

Ao mesmo tempo, a complementaridade se beneficia tipo de plantas pode fornecer em períodos de baixa hidrologia não é avaliado e, portanto, não é remunerado através da Esquema CxC (carga de confiabilidade) ou outro mecanismo.

### **Recurso**

A energia eólica, como outros FNCERs, como energia solar e pequenos projetos hidrelétricos, por sua natureza variável, não estão em conformidade com o modelo de regulamentação colombiana de fontes "despacháveis".

Sob este modelo, o mercado maiorista de eletricidade exige que todos os projetos com capacidades superiores a 20 MW estejam sujeitos ao escritório central, que pode ser penalizado por desvios da energia oferecida no dia anterior, sem a opção de fazer as ofertas com apenas algumas horas de antecedência.

### **Política Energética**

Mesmo quando a política energética colombiana fala de promover o uso de energias renováveis (além da hidroeletricidade), mesmo antes da Lei 1715 não ser explícita na definição dos elementos motivadores ou motoristas que levam a tal promoção.

## **Conhecimento dos Recursos**

Embora existam iniciativas específicas de entidades como UPME e IDEAM, para fornecer informações de caracterização do recurso de vento como uma primeira aproximação para os agentes interessados em seu uso, não existe nenhum mecanismo para fornecer informações públicas suficientes sobre este recurso ou outro FNCER. Da mesma forma, não há obrigações por parte daqueles que estudam esses recursos para compartilhar informações com entidades como UPME para planejar seu uso adequado.

## **Financiamento**

A falta de conhecimento local no desenvolvimento de projetos eólicos, suas características em termos de tecnologia, rendimentos, custos operacionais, riscos, etc., e a falta de mecanismos de promoção local para o desenvolvimento desta fonte, dificulta o acesso de agentes partes interessadas para fontes de financiamento favoráveis para a realização desses projetos.

## **Custos de Inversão**

Embora os custos de investimento da tecnologia da energia eólica tenham diminuído à medida que a eficiência e os fatores das plantas aumentaram e, em alguns casos, eles podem ser considerados competitivos com fontes tradicionais, o nível de custos de energia desta fonte ainda pode ser relativamente alto, tendo em conta as implicações comerciais da variabilidade dos recursos.



## 6 CONCLUSÃO

A Guajira tem muito potencial energético mesmo tendo dificuldades para chegada dos equipamentos devido a geografia, porem os benefícios sócias que traz a instalação do empreendimento faz dele um projeto viável tendo financiamento governamental. Após a realização dos cálculos seria instalado o sistema a continuação:

**Tabela 37** - Proposta de instalação

SERVIÇO	Tipo de recurso energético	Potência (W)	Consumo (Wh/dia)	Consumo (Wh/mês)	Pot de desenho (kW)	Custo investimento (€)
Residência tipo I	<i>Fotovoltaico</i>	33	292	5,02	0.03	
Residência tipo II	<i>Fotovoltaico</i>	258	2,017	53,02	0.26	
Creche	<i>Fotovoltaico</i>	263	3,006	77,784	0.26	
Escola primária	<i>Fotovoltaico</i>	198	2,506	48,584	0.20	
Escola secundária	<i>Fotovoltaico</i>	198	2,546	49,384	0.20	
Centro de saúde	<i>Fotovoltaico</i>	171	2,622	71,06	0.17	
Centro de comunicações	<i>Fotovoltaico</i>	1,128	3,612	76,12	1.13	92,760 €.
Iluminação	<i>Fotovoltaico</i>	900	500	15	0.90	
Área comunitária	<i>Fotovoltaico</i>	240	13,12	393,6	0.24	
Oficina de manutenção de equipamentos	<i>Fotovoltaico</i>	1,178	6,072	120,32	1.18	
Oficina de costura	<i>Fotovoltaico</i>	753	6,432	127,52	0.75	
Mercearia	<i>Fotovoltaico</i>	668	4,392	67,55	0.67	
Criadouro de peixes	<i>Fotovoltaico</i>	1,068	2,712	50,35	1.07	
Água e saneamento	<i>Biogás</i>	1,2	12	360	1.20	
Armazém agrícola	<i>Biogás</i>	2,115	9,12	58,4	2.12	4,740 €.
Fábrica de gelo	<i>Biogás</i>	2,678	64,352	1,899,550	2.68	
Oficina de Construção	<i>Gasificador</i>	9,12	46,97	445,4	9.12	12,000 €.
Oficina eletromecânica	<i>Gasificador</i>	7,27	40,37	409,4	7.27	

a					
Fábrica de peixe	<i>Gasificador</i>	8,315	44,04	880,8	8.32

Fonte: Elaboração própria

A comunidade poderá realizar a instalação por etapas referente às prioridades e realizando projetos com valores menores que poderiam ter seu valor subsidiado.

### Cronograma de Implementação

Instalação Fotovoltaica: As primeiras instalações se tem um investimento de 12.000 €. Se deu prioridade as inalações fotovoltaica com aquisição reduzida de baterias.

**Tabela 38** - Cronograma de implementação fotovoltaica

SERVIÇO	Tipo de recurso energético	Custo investimento (€)	Nº de projetos de 12.000 US\$
Residência tipo I	<i>Fotovoltaico</i>	12,210.00 €	1º projeto
Residência tipo II	<i>Fotovoltaico</i>	12,900.00 €	2º projeto
Creche	<i>Fotovoltaico</i>		
Escola primária	<i>Fotovoltaico</i>		
Escola secundária	<i>Fotovoltaico</i>	8,300.00 €	3º projeto
Centro de saúde	<i>Fotovoltaico</i>		
Centro de comunicações	<i>Fotovoltaico</i>		4º projeto
Iluminação	<i>Fotovoltaico</i>	11,280.00 €	
Área comunitária	<i>Fotovoltaico</i>	11,400.00 €	5º projeto
Oficina de manutenção de equipamentos	<i>Fotovoltaico</i>	11,780.00 €	6º projeto
Oficina de costura	<i>Fotovoltaico</i>		
Mercearia	<i>Fotovoltaico</i>	14,210.00 €	7º projeto
Criadouro de peixes	<i>Fotovoltaico</i>	10,680.00 €	8º projeto

Fonte: Elaboração propia

Foi dividido em projetos em função no valor dos subsídios ou ajuda governamental. A priorização da execução foi feita com base na preferência e importância dada pela comunidade em relação aos serviços energéticos necessários. O custo total deste investimento é de € 92.760.

Instalação Biogás: A instalação de 2 equipes de 3kW cada uma alimentada por resíduos gerados por 36 vacas. O custo total do investimento é de € 4.740 e será feita em conjunto com o período 3 de instalação

**Tabela 39** - Cronograma de implementação biogás

<b>SERVIÇO</b>	<b>Tipo de recurso energético</b>	<b>Custo investimento (€)</b>	<b>Nº de projetos de 12.000 US\$</b>
Água e saneamento	<i>Biogas</i>		
Armazém agrícola	<i>Biogas</i>	4,740 €	3º projeto
Fábrica de gelo	<i>Biogas</i>		

**Fonte:** Elaboração propia

Instalação Gasificador: A instalação do gasificador será feita no primeiro projeto junto com a primeira instalação fotovoltaica graças a um investimento de uma empresa patrocinadora. Esta instalação será o backup até finalizar as instalações fotovoltaicas.

**Tabela 40** - Cronograma de implementação gasificadora

<b>SERVIÇO</b>	<b>Tipo de recurso energético</b>	<b>Custo investimento (€)</b>	<b>Nº de projetos de 12.000 US\$</b>
<i>Oficina de construção</i>	<i>Gasificadora</i>		
<i>Oficina eletromecânica</i>	<i>Gasificadora</i>	12,900 €	1º projeto
<i>Fábrica de Peixe</i>	<i>Gasificadora</i>		

**Fonte:** Elaboração propia

## REFERÊNCIAS

ACNUR. Agencia de la ONU para los Refugiados. **Diagnostico Departamento Guajira** (2016). Fonte: [http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI\\_2178.pdf](http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI_2178.pdf)

ADAM BLAIR, DAVID KAY, ROD HOWE. **Transitioning to renewable energy: Development opportunities and concerns for rural America**. Universidade Cornell RUPRI (Rural Futures Lab), 2011.

ADAM DOLEZZAL, ANA MARIA MAJANO, ALEXANDER OCHS, RAMON PALENCIA. **La Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica**. Washington DC, Worldwatch Institute, 2013.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Resolução Normativa N 493**, de 5 de Junho de 2012.

ANTONIO C. JIMENEZ, KEN OLSON. **Energía Renovable para Centros de Salud Rurales**. NREL (National Renewable Energy Laboratory) Golden, Colorado, 1998.

ASUNIM. (2017). Disponível em: <<http://www.asunim.co/index.php/pt/baterias/762/7-opzs-solar-power-1070-detail>> Acesso em: 27 agosto. 2016.

ARTERSA (2017) Disponível em: <<http://www.atersa.es/es/>> Acesso em: 15 setembro. 2016.

CÁMARA DE COMERCIO DE LA GUAJIRA . **Informe Economico 2016 Departamento de la Guajira** . Rioacha (2017). Fonte: 14. <http://www.camaraguajira.org/publicaciones/informes/informe-socio-economico-la-guajira-2016.pdf>

CERLAPAZ. Instituto Etnoeducativo Rural La Paz. **Trabajo Social en áreas rurales** (2017). Fonte: <http://www.cerlapaz.com/trabajo-social.html>

CLIMATE-DATA.ORG. (31 de 10 de 2017). **Clima Uribia: Temperatura, Climograma y Tabla**. Disponível em: < <https://es.climate-data.org/location/716337/>> Acesso em: 08 out. 2016.

EL HERALDO. (27 de 03 de 2016). **El Sol y las Brisas del Caribe son potencial de energías renovables**. Disponível em: <<https://www.elheraldo.co/tendencias/el-sol-y-las-brisas-del-caribe-son-potencial-de-energias-renovables-250777>> Acesso em: 10 out. 2016.

ENERGREENCOL, **Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia**. Cartagena de Indias, 2015.

IDEAM. (31 de 10 de 2017) Instituto Hidrologia Meteorologia y Estudios Ambientales: **Atlas de Radicación**. Disponível em: < <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion> > Acesso em: 19 setembro. 2016.

JOHN A. DUFFIE, **Solar Engineering of thermal Process**. 4th Edition. Wiley, Wisconsin-Madison, São Paulo 2017.

JOSE ROBETO SIMÕES MOREIRA, GRUPO GEN – LTC, **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética** . 2017

OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development). **Linking Renewable energy to rural development**. Paris, 2012.

REN 21 (2014) **Renewables 2014 Global Status Report** Disponível em: <[http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014\\_full%20report\\_low%20res.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf)> Acesso em: 01 agosto. 2016.

R.RAMAKUMAR, William L. Hughes. **Renewable Energy Sources and Rural Development in Developing Countries**. Oklahoma: IEEE, 2000.

SAMUEL V. BROWN, DAVID G. NDERITU. PAUL V. PRECKEL. **Renewable Power Opportunities for Rural Communities**. USDA United States Department of Agriculture, 2011.

SOTERIS A. KALOGIROU. **Solar Energy Engineering: Processes and Systems**. 2nd Edition. Oxford, Elsevier Inc, 2014.

UNCTAD (Current Studies on Science, Technology and Innovation N1) **Renewable Energy Technologies for Rural Development**. ONU, 2010

UPME (Unidade de Planeamento Minero energética). **Integración de las energías no convencionales en Colombia** . (2015). Disponível em: <[http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)> Acesso em: 01 agosto. 2016.