



**FACULTAD DE DISEÑO**

**MAESTRIA EN DISEÑO SOSTENIBLE**

**PROYECTO FINAL PARA OPTAR EL TITULO DE**

**MAGISTER EN DISEÑO SOSTENIBLE**

**“Biodigestores y Turbinas,**

**alternativa energética en Vivienda Multifamiliar”**

**ESTUDIANTE**

**RONALD MAURICIO PEDREROS ESPINEL**

**Arquitecto**

**BOGOTÁ, JUNIO DE 2019**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE DISEÑO**

**MAESTRÍA EN DISEÑO SOSTENIBLE**

**PROYECTO FINAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**MAGISTER EN DISEÑO SOSTENIBLE**

**“Biodigestores y Turbinas,**

**alternativa energética en Vivienda Multifamiliar”**

**ESTUDIANTE**

**RONALD MAURICIO PEDREROS ESPINEL**

**Arquitecto**

**DIRECTOR**

**Dr. CLAUDIO VARINI**

**BOGOTÁ, JUNIO DE 2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

---

---

---

---

---

**Dr. Claudio Varini**

**Director del proyecto**

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL JURADO

---

---

---

---

---

---

---

**Jurado**

**Jurado**

---

**Arq. Susana Mariño**

**Coordinadora MDS**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Rango de Radiación Solar para Bogotá, Meteororm, 2017</i>	28
<i>Tabla 2. Horas promedio radiación solar, comparativo principales capitales, <a href="http://www.Cemaerg.org">http://www.Cemaerg.org</a>; 2015.</i>	29
<i>Tabla 3. Relación potencia-energía Panel Solar, ejemplo para Bogotá; <a href="http://www.Cemaer.org">http://www.Cemaer.org</a>; 2015</i>	30
<i>Tabla 4. Velocidad Promedio del viento por Departamentos, <a href="https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/22">https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/22</a>; 2019</i>	36
<i>Tabla 4. ficha técnica edificio suntec, datos sobre cantidades, producción propia. 2018</i>	61
<i>Tabla 5, ficha técnica edificio avanti, datos sobre cantidades, producción propia. 2018</i>	62
<i>Tabla 6, ficha técnica edificio romani, datos sobre cantidades, producción propia. 2018</i>	63
<i>Tabla 7, Resumen promedio, edificios caso de estudio, producción propia. 2018</i>	63
<i>Tabla 8, Resumen información general y promedios, edificios casos de estudio, producción propia 2018.</i>	64
<i>Tabla 9, promedio consumo energía mensual kw/h, edificios caso de estudio, producción propia, 2018</i>	65
<i>Tabla 10. Composición química del Biogas; Botero &amp; Preston, 1986</i>	80
<i>Tabla 11, Consumo sanitarios y cocinas; aplicado a los edificios de estudio, producción propia, 2017</i>	84
<i>Tabla 12, cantidad de desechos para producción de biogas, edificios caso de estudio, producción propia, 2018</i>	86
<i>Tabla 13, cálculo para Tamaño de tanque y producción final de biogás; Edificios caso de estudio, 2017.</i>	88
<i>Tabla 15, Retorno de la Inversión, Gas Cocinas, Producción propia, 2018.</i>	89
<i>Tabla 14, Presupuesto, implementación tanque biodigestor, edificios caso de estudio, proyecto personal, 2018.</i>	90
<i>Tabla 15, Consolidado consumo de gas mensual, edificios caso de estudio, 2017.</i>	91
<i>Tabla 16, Cuadro porcentaje ahorro y costo en las edificaciones caso estudio, 2017.</i>	92
<i>Tabla 17, Cuadro resumen consumo, ahorro y costo mensual en las caso de estudio, 2017.</i>	92
<i>Tabla 18, Retorno de la inversión, tanque Biodigestor para Biogás en Cocinas.</i>	93
<i>Tabla 19, disponibilidad de biogas, para lámparas coleman, edificios caso de estudio, producción propia, 2019.</i>	95
<i>Tabla 20, Presupuesto implementación biodigestor, iluminación parqueaderos, producción propia, 2019.</i>	97
<i>Tabla 21, Retorno de la inversión, tanque biodigestor para iluminación parqueaderos, producción propia, 2018.</i>	98
<i>Tabla 22, Ahorro en COP, costo mensual iluminación, edificios caso de estudio. producción propia, 2018.</i>	99

<i>Tabla 23, Presupuesto, implementación biodigestor planta eléctrica, producción propia, 2018.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 24, Promedio consumo y valor energía mensual áreas comunes kw/h, producción propia, 2018.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 25, Retorno de la inversión, biogás para planta eléctrica, 2018.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 28, Requerimientos técnicos para la turbina hidráulica, <a href="http://www.enercampo.com">http://www.enercampo.com</a>, 2017.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 29, Características técnicas Turbina hidráulica, <a href="http://www.enercampo.com">http://www.enercampo.com</a>, 2017.</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 30, Presupuesto implementación turbina hidráulica, producción propia, 2018.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 31, Retorno de la inversión, turbina hidráulica para iluminación, producción propia, 2018.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 32, Resumen viabilidad y retorno de la inversión, biogás para cocinas; producción propia, 2018.</i>	<i>118</i>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Zonas potenciales Proyectos energía renovable en Colombia; Ministerio de Educación, 2018.</i>	25
<i>Ilustración 2. Contaminación del aire en Bogotá, <a href="https://www.portafolio.co/economia/bogota-en-alerta-amarilla-por-contaminacion-ambiental">https://www.portafolio.co/economia/bogota-en-alerta-amarilla-por-contaminacion-ambiental</a>, 2019</i>	31
<i>Ilustración 3. Aerogeneradores Eólicos, <a href="http://www.erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/">http://www.erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/</a> 2018</i>	34
<i>Ilustración 4. Rango de Velocidad aire, Rosa de vientos, ejemplo para Bogotá; Meteonorm, 2018.</i>	34
<i>Ilustración 5. Tipos de aprovechamiento de energía undimotriz y mareomotriz; United nations enviroment programme; "Oleadas de energía", 2017.</i>	38
<i>Ilustración 6. Proceso creación etanol; <a href="http://www.elmundoenergetico.blog.com.es">http://www.elmundoenergetico.blog.com.es</a>; 2018</i>	40
<i>Ilustración 7, Proceso generación biomasa, <a href="http://www.dinamos.co/energiasrenovables/energiadelabiomasa.2018">http://www.dinamos.co/energiasrenovables/energiadelabiomasa.2018</a></i>	45
<i>Ilustración 8. tratamiento y uso del biogas, <a href="http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page_id=802010.2019">http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page_id=802010.2019</a></i>	47
<i>Ilustración 9. esquema producción biogás a través de los biodigestores; <a href="http://www.labioguia.com/notas/biodigestores">http://www.labioguia.com/notas/biodigestores</a>, 2018.</i>	48
<i>Ilustración 10, Baldosas piezoeléctricas, <a href="http://epre.gov.ar/web/baldosasgeneranenergiaconnuestraspisadas">http://epre.gov.ar/web/baldosasgeneranenergiaconnuestraspisadas</a> 2018</i>	52
<i>Ilustración 11, localización área efectiva circulación peatonal; Proyecto personal, 2018.</i>	54
<i>Ilustración 12, Corte transversal de una represa hidroeléctrica, <a href="http://www.twenergy.com">http://www.twenergy.com</a>, 2017.</i>	57
<i>Ilustración 13, Fachada edificio suntec y avanti; <a href="http://www.Google earth">http://www.Google earth</a>, 2018</i>	60
<i>Ilustración 14, Fachada edificio romani; <a href="http://www.google earth">http://www.google earth</a>, 2018</i>	60
<i>Ilustración 15. Recibo consumo energía, áreas comunes, edificio romaní; 2017</i>	66
<i>Ilustración 16. Recibo consumo energía; áreas comunes; edificio romani, 2017</i>	66
<i>Ilustración 17, Planta sótano, edificio avanti, proyecto personal, 2008.</i>	68
<i>Ilustración 18, Planta primer piso, edificio avanti, proyecto personal, 2017.</i>	69
<i>Ilustración 19, Planta piso tipo, edificio avanti, proyecto personal, 2018.</i>	70

<i>Ilustración 20, Reciclaje de desechos y usos del Biogás y Bioabono, <a href="http://www.fao.org/">http://www.fao.org/</a>, 2006.</i>	73
<i>Ilustración 21, Esquema de agrupación de redes aguas negras, edificio caso estudio, 2018.</i>	74
<i>Ilustración 22, Detalle distribución redes aguas negras, edificio caso de estudio, 2018.</i>	75
<i>Ilustración 23, Biodigestor plástico familiar, Tipo Salchicha o Taiwán; servicio nacional de aprendizaje Sena, 2010.</i>	76
<i>Ilustración 24, Proceso del tanque biodigestor para la creación de biogás, universo biodigestores, 2017.</i>	77
<i>Ilustración 25. Tanque biodigestor; <a href="http://http://www.rotoplast.com.co/biodigestor/">http://http://www.rotoplast.com.co/biodigestor/</a>; 2019</i>	78
<i>Ilustración 26, Esquema recolección horizontalmente aguas negras; Edificio estudio; proyecto personal 2018</i>	79
<i>Ilustración 27, Esquema Recolección Aguas Negras, Edificio Caso de Estudio, Proyecto propio, 2018.</i>	81
<i>Ilustración 28, Distribución Tubería recolección Aguas Negras, Edificio caso de estudio, proyecyo propio, 2018</i>	82
<i>Ilustración 29, Detalle ingreso aguas negras, tanque Biodigestor, proyecto propio, 2018.</i>	82
<i>Ilustración 30, Corte Típico biodigestor dentro de parqueadero, Proyecto psipio, 2018</i>	83
<i>Ilustración 31, Esquema recolección hasta tanque biodigestor aguas negras; edificio caso estudio, proyecto personal; 2017</i>	85
<i>Ilustración 32, distribución red biogas para cocinas, edificio caso de estudio, proyecto personal, 2018</i>	87
<i>Ilustración 33, Recibo gas natural, apartamento promedio, edificios caso de estudio, agosto 2017.</i>	93
<i>Ilustración 34, Conexión para lámparas de biogas Coleman, instituto centroamericano de investigación y tecnología industrial, icaiti. 2018.</i>	94
<i>Ilustración 35, Lámpara a base de biogas, Ref. Coleman, <a href="http://www.mercadolibre.com.co/">http://www.mercadolibre.com.co/</a> 2019.</i>	95
<i>Ilustración 36, Localización lámparas biogas para el sótano y primer piso, proyecto personal, 2018</i>	96
<i>Ilustración 37, Planta de energía eléctrica base gas, marca champion, <a href="http://www.mercadolibre.com">http://www.mercadolibre.com</a>, 2019.</i>	100
<i>Ilustración 34, localización área efectiva circulación peatonal; Proyecto personal, 2018.</i>	107
<i>Ilustración 36, Esquema turbina kaplan y pelton; <a href="http://jhonnyrojo.blogspot.com.co/">http://jhonnyrojo.blogspot.com.co/</a>; 2010</i>	107
<i>Ilustración 40, Esquema Recolección Aguas Lluvias, Edificio caso de estudio, Proyecto propio, 2018</i>	110
<i>Ilustración 41, Proceso recirculación aguas lluvias, Edificio caso de estudio, 2018</i>	111
<i>Ilustración 42, Detalle cámara de eyectores, Edificio caso de estudio, 2018</i>	112
<i>Ilustración 37, Referencia técnica bomba presión agua potable, proyecto personal, 2018.</i>	113
<i>Ilustración 38, Turbina hidráulica; <a href="http://www.enercampo.com">http://www.enercampo.com</a>, 2017.</i>	116

### **Palabras Clave**

Producción Energía, Energía Alternativa, Turbinas, Biodigestores, Reutilización en Vivienda.

### **Resumen**

La investigación sobre las alternativas de producción de energía dentro de un edificio de vivienda multifamiliar, llevo no solo a revisar las actuales opciones tecnológicas y sustentables, sino a evaluar todos aquellos componentes que nos pueden permitir reutilizar lo que antes podía considerarse desechos o redes que simplemente salían de la vivienda para no generar molestias y que son potencialmente materia prima para generar energía.

Es así, que como resultado se evidencio que los Biodigestores y Turbinas, el primero, muy utilizado a nivel rural y que funciona con desperdicios y material fecal humano pudo en buena medida contribuir a la generación de energía para varias zonas de la edificación, contribuyendo no solo a al aprovechamiento de material de desecho, sino que con poca inversión y pronto retorno de la misma, cubrió los requerimientos básicos.

A nivel del empleo de las turbinas, se evidenció que su adaptación a la vivienda, reutilización de agua potable o en el mejor de los casos aguas lluvias se logra una buena cantidad de energía sin desperdiciar el líquido vital, utilizando las redes existentes y recuperando en buena medida la inversión cumplió con las expectativas planteadas.

En nuestro medio, las diferentes variables de producción de energía fueron evaluadas, pero por diversas exigencias de espacio, cantidad, eficiencia o costo fueron paulatinamente descargadas hasta encontrar aquellas que se adaptaron a la volumetría y dinámica de una vivienda como estaba establecido.

## Keywords

Production Energy, Alternative Energy, Turbines, Biodigesters, Reuse in Housing.

## Abstract

The research on energy production alternatives within a multi-family housing building, led not only to review the current technological and sustainable options, but to evaluate all those components that can allow us to reuse what could previously be considered waste or networks that simply they left the house to avoid causing discomfort and that are potentially raw material to generate energy. Thus, as a result it was evidenced that the Biodigesters and Turbines, the first, widely used at rural level and that works with waste and human fecal material could largely contribute to the generation of energy for several areas of the building, contributing not only to the use of waste material, but with little investment and soon return of it, covered the basic requirements. At the level of the use of turbines, it was evident that their adaptation to housing, the reuse of potable water or, in the best case, rainwater, a good amount of energy is achieved without wasting the vital liquid, using the existing networks and recovering in good investment measure met the expectations. In our environment, the different energy production variables were evaluated, but due to different demands of space, quantity, efficiency or cost, they were gradually discharged until finding those that were adapted to the volume and dynamics of a house as it was established.

*Tabla de Contenido*

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR _____	2
NOTA DE ACEPTACIÓN DEL JURADO _____	2
ÍNDICE DE TABLAS _____	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES _____	6
Introducción _____	13
1. OBJETIVO GENERAL _____	14
1.1 Objetivos Específicos _____	14
2. ANTECEDENTES NORMATIVOS _____	15
3. PROPÓSITO _____	17
4. FASES DE LA INVESTIGACION _____	21
4.1. Primera fase: _____	22
4.2. Segunda fase: _____	22
4.3 Tercera Fase: _____	23
5. DESARROLLO DEL PROYECTO _____	24
5.1. PRIMERA FASE - SISTEMAS ENERGETICOS RENOVABLES _____	25
5.2. ENERGÍA SOLAR _____	27
5.2.1. Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Solar _____	28
5.3. ENERGÍA EÓLICA _____	33
5.3.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Eólica _____	35
5.4. ENERGÍA UNDIMOTRIZ Y MAREOMOTRÍZ _____	37
5.4.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Undimotriz y Mareomotriz _____	38

5.5. ENERGÍA BIOCARBURANTE	39
5.5.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Biocarburante	40
5.6. ENERGÍA CON BIOMASA	42
5.6.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Biomasa	44
5.7. ENERGÍA PRODUCIDA CON BIODIGESTORES	46
5.7.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía con Biodigestores	49
5.8. ENERGÍA CINÉTICA	50
5.8.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Cinética	52
5.9. ENERGÍA MEDIANTE TURBINAS	56
5.9.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía con Turbinas	57
6. SEGUNDA FASE - EDIFICIOS OBJETO DE ESTUDIO, VIVIENDA MULTIFAMILIAR	59
7. TERCERA FASE - IMPLEMENTACIÓN, RESULTADOS Y COSTOS	70
8. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN CON BIODIGESTORES	72
8.1 APLICACIÓN EN COCINAS.	83
8.2. APLICACIÓN EN ILUMINACIÓN:	94
8.3. APLICACIÓN PARA PLANTA DE ENERGÍA.	99
8.3.1. RETORNO DE LA INVERSIÓN	103
8.3.2. COSTO MANTENIMIENTO BIODIGESTORES	105
8.4. NORMATIVIDAD LEGAL DE CONTROL	105
9. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN DE ENERGÍA CON TURBINAS	107
9.1. RETORNO DE LA INVERSIÓN	116
9.2. COSTO MANTENIMIENTO TURBINAS	118

Bibliografía \_\_\_\_\_ 119

Web grafía \_\_\_\_\_ 121

## Introducción

Dentro de nuestra forma acelerada y demandante de vida, nos encontramos con un rápido consumo de energía y de recursos naturales sin que exista un retorno y sustentabilidad acorde a estas exigencias; continuamente vemos como la producción de energía se ve más afectada por sequías, falta de pozos petroleros durables y problemas en la consecución de represas o sistemas que puedan cubrir en gran medida las exigencias energéticas de las poblaciones, además lo que esto conlleva en la destrucción parcial o total de ecosistemas.

Por tal motivo esta investigación dirige su alcance a encontrar variables aplicables a nuestra forma de vida agrupada y consolidada en edificios de apartamentos, donde se encuentran variables de movilidad, desechos, redes e infraestructura que es utilizada por todos sus habitantes y que genera opciones de reutilización y aprovechamiento de elementos que pueden servir como materia prima para generar su propia energía.

Estas alternativas no solo permiten ser autosustentable con la energía que puede producir, sino que genera una concientización ambiental sustentable pues, es gracias, al aporte de todos sus habitantes que el edificio puede generar energía que este a su disposición.

Las variables técnicas, de implementación, de producción, costo y retorno de la inversión se tuvieron en cuenta para tener un criterio de viabilidad económica, haciendo de este ejercicio no solo una nueva oferta para producir energía alternativa, sino que en un futuro puede ser implementada por sus costos y fácil utilización de todos sus habitantes.

## 1. OBJETIVO GENERAL

Establecer cuales sistemas de generación de energía alternativa se pueden implementar dentro de una vivienda multifamiliar; para que le permita ser autosuficiente dentro del contexto arquitectónico, técnico, económico y productivo.

### 1.1 Objetivos Específicos

- Encontrar dentro de la dinámica operativa de una edificación de vivienda multifamiliar, la materia prima y materiales necesarios para adaptar cualquiera de los diferentes sistemas de generación de energía alternativa.
- Cuantificar la demanda de energía necesaria para que una edificación multifamiliar cumpla con los requerimientos energéticos básicos y así encontrar cual sistema de producción de energía cubra en un porcentaje viable, estas necesidades.
- Determinar dentro de los componentes normales de una edificación como el agua, las redes hidrosanitarias, desechos orgánicos, desechos fisiológicos y cargas vivas, cuáles pueden ser utilizados como materiales para la producción de energía eléctrica renovable.

## 2. ANTECEDENTES NORMATIVOS

La Agencia Internacional de Energía (AIE) y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, entre otras entidades, incentivan y apoyan la búsqueda de otras energías renovables amigables con el medio ambiente y que se puedan adaptar a la cotidianidad de los pobladores de las ciudades. Para mitigar el impacto que la construcción genera en el ambiente, se desarrolló la Guía de construcción sostenible, la cual a través del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la Corporación Financiera Internacional (IFC), generan los lineamientos para reducir y hacer más eficiente e incentivar nuevas alternativas energéticas que abundan en el país.

Como quiera que la aplicación de energías renovables dentro de una edificación está regulada por el decreto 1077 de 2015, "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio." Por la Ley 697 de 2001 "Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas...", y por la Guía de Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones; es preponderante investigar, analizar y evaluar los diferentes mecanismos que promuevan la generación de energía dentro de una edificación para consolidar la implementación de sistemas alternativos de producción de energía.

El Banco Interamericano de Desarrollo, tiene dentro de sus planes de inversión la implementación de estrategias y tecnología para la producción, aprovechamiento y buena utilización de la energía, así como de la reducción de gases de efecto invernadero y el reemplazo de combustibles fósiles; por tal motivo, se apoyó a nivel de investigación aplicación y

normatividad lo plasmado en la Norma Técnica No. IDB-TN-1260, “Generación de electricidad a partir de Biogás capturado de residuos sólidos urbanos: Un análisis teórico-práctico”. Dentro del cual se evidencia no solo la necesidad de encontrar otros métodos y alternativas viables en la producción de energía, sino en el apoyo e interés que pueden brindar este tipo de organizaciones en la ejecución de este proyecto de grado.

Con gran auge se han visto implementadas diferentes alternativas de producción de energía limpia dentro de espacios rurales o como complemento a planes de desarrollo sustentables, sin que esto altere los recursos naturales existentes o genere impactos medioambientales; a diferencia de los múltiples combustibles fósiles o energías vigentes no se generan cambios climáticos ni emisiones contaminantes, adicional de su bajo costo.

Por tal motivo, el Ministerio de Minas y energía emitió el Decreto 0570 para establecer los parámetros y proyectos de energías renovables, fomentando el uso de estas energías y se espera en el año 2030 el país solo consuma un 30% de energías limpias y un 70% de fuentes tradicionales.

Con la Ley 1715 del 13 de mayo de 2014, se puede adaptar este proyecto para encontrar el apoyo legal y operativo, para adaptar los biodigestores y turbinas en la producción de energía renovable en una edificación multifamiliar urbana.

### 3. PROPÓSITO

En este trabajo de grado se definirán cuales sistemas de producción de energía alternativa se pueden adaptar dentro de una vivienda multifamiliar, utilizando y aprovechando todas actividades, dinámicas, desechos y movimientos normales de personas o redes de una edificación (tubería agua lluvia, potable, aguas negras, tanques, etc.), y que de manera novedosa y tecnológica aporten al ahorro de energía y adicionalmente conlleven al aprovechamiento de nuevas fuentes derivadas de esto procesos, para generar su propia electricidad.

Un factor predominante en la búsqueda de sustentabilidad es el aporte que se puede dar al medio ambiente, a la reducción de CO<sub>2</sub> y a la autosuficiencia en térmicos de materia prima y producción; por tal motivo, una premisa importante a considerarse dentro de esta investigación, es el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la edificación, para mitigar el impacto que estos residuos generan sobre las redes de alcantarillado, el vertimiento sobre ríos, rellenos o fuentes hídricas.

Al generar una sinergia entre procesos naturales de descomposición de residuos y la sustentabilidad energética, se están aprovechando y generando nuevas tendencias a nivel arquitectónico y sostenible para potencializar la vivienda.

Este trabajo pretende exponer toda la información recolectada, estudios de caso exitosos que utilizaron las diferentes tecnologías para generar electricidad a una menor escala, teniendo

un parámetro y criterio técnico ambiental, igualmente se seleccionará y evaluará a nivel teórico cuales de estas tecnologías son las más viables en el contexto del caso de estudio.

La energía y el movimiento siempre han estado a nuestro alrededor y nuestra vida cotidiana y, dependiendo de nuestra actividad, fuerza y constancia, puede ser aprovechado para beneficio propio. Si se tiene como punto de partida el nivel teórico y tecnológico donde todo lo que se mueve genera energía, la investigación buscará como este movimiento y la fuerza energía perdida en una edificación se puede aprovechar para el beneficio de la edificación.

Se verificará si la adaptación de generadores de energía en un edificio, es una alternativa viable y sostenible para que en el uso habitual del inmueble se cubra la mayor cantidad posible de su gasto energético, llevando no solo a su sostenibilidad en este campo, sino generando un bienestar socio económico derivado del costo beneficio, ahorro energético inmediato, calidad de espacios internos y un proceso novedoso, llamativo y una contribución a la sostenibilidad utilizando estas alternativas.

De acuerdo al Ministerio de Minas y Energía (2017), El país ha sido reconocido por el Foro Económico Mundial como seguro y confiable a nivel energético, ya que a pesar de sufrir los efectos del fenómeno del niño, el cambio climático y la salida de la Central de Guatapé, el sistema energético ha tendido a fortalecerse, resolver desafíos y buscar otras alternativas energéticas, ya que Colombia basa su producción de energía de los recursos hídricos y ellos suministran el 64% de la energía que utilizamos. Y en el caso del petróleo, otro recurso nacional, la reserva petrolera se proyecta máximo para 5 años, planteando el 2016 como

fecha de toma de decisiones. (Reservas de crudo para 5,1 años (1.665 millones de barriles); Informe 2016: Ministerio de Minas y Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2016).

Si sumamos estos problemas climáticos al alto consumo que demandan los edificios, la falta de conocimiento de técnicas y sistemas tecnológicos recientes y a la ausencia de una cultura sostenible, entendemos que es prioritario concebir una edificación que produzca su propia energía.

Es claro que el consumo de energía mide en una ciudad el crecimiento y en parte la calidad de vida de sus habitantes, pero si no se contempla un plan B que no dependa de las energías fósiles y nucleares, catalogadas como finitas, es inevitable que el desabastecimiento sea delicado y difícil de afrontar, igualmente, este llamado plan B debe contemplar alternativas diferentes a otros recursos como el petróleo, carbón o hidráulico, ya que estos traen consigo contaminación y gases efecto invernadero, ya sea en su construcción o ejecución.

Por lo tanto, y como aplicación directa en esta investigación, se requiere de un sistema que genere energía renovable para que supla las necesidades operativas de las edificaciones, y en lo posible que no contamine y que sea automático, práctico y adaptable a la dinámica de la construcción, sus habitantes y redes existentes.

La investigación se apoyará en la experiencia personal y colectiva incorporando, en consecuencia los supuestos básicos, principios y teorías existentes respecto del tema propuesto para estudiar su procedencia frente a una realidad natural o socio cultural y finalmente arribar a conclusiones que permitan verificar la implementación o no de sistemas alternativos para generar energía de manera auto sostenible por lo que se generarán una serie de premisas

investigativas frente a las cuales se formularán no solo postulados sino métodos de comprobación real que conlleven de manera inexorable a la determinación de aquellos métodos que resulten eficientes y viables desde el punto de vista arquitectónico, técnico y económico en busca de una mejora en la calidad de vida de los habitantes de viviendas multifamiliares en la ciudad de Bogotá y porque no, llegar a generar expectativas probables para la implementación de esos mecanismos en otras ciudades.

En la implementación de sistemas de producción de energía se ha demostrado que a nivel rural los Biodigestores han suplico a cabalidad requerimientos energéticos de pequeños asentamientos y a nivel de las turbinas, asentamientos que cuentan con ríos o corrientes de agua caudalosas pueden contar con este servicio, por ello, este trabajo se enfatiza en acoplar estos sistemas a la vivienda multifamiliar por encontrarse las dos materias primas principales, desechos fecales para los biodigestores y agua con presión que es expulsada por el tanque de agua potable o el eyector de aguas lluvias.

Como lo enuncia el Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), el acceso a la energía eléctrica está directamente vinculado a la mejora en la calidad de vida de los habitantes, es por ello que se en un país en vía de desarrollo una propuesta de producción de energía renovable puede tener un índice alto de participación y viabilidad.

#### 4. FASES DE LA INVESTIGACION

Con el fin de encontrar la sinergia viable y práctica entre la tecnología existente y la arquitectura, la investigación tomará los datos y concentrará la información base y aplicada hacia una vivienda multifamiliar en altura, planteada inicialmente en tres (03) casos de estudio en Bogotá, pero adaptable a cualquier lugar, pues se comprende que es una edificación con un gran componente de redes y movimiento continuo, que es fácil de encontrar en cualquier punto geográfico, edificios que tienen consumos de energía que deben pagar sus habitantes, por lo tanto, son ellos los primeros candidatos en aprovechar e invertir en lo que la investigación pueda concluir.

Mediante el análisis y viabilidad de los actuales sistemas de generación de energía renovable, se clasificarán y definirán cuales se pueden adaptar a las actividades cotidianas en una edificación, para generar su propia energía. La integración entre los recursos naturales (agua, viento, sol), la movilidad humana, la vibración y movimiento generado por el funcionamiento de las redes, conducirán a aprovechar e implementar dentro de una edificación los sistemas que generen soluciones técnicas y arquitectónicas para la producción y sostenibilidad energética dentro de un edificio.

Para arribar a estos cometidos se tendrán en cuenta una serie de fases que pasan a explicarse:

#### 4.1. Primera fase:

Atiende a la recopilación, análisis y clasificación de toda la información sobre los sistemas energéticos renovables existentes; que permitan tener certeza de la viabilidad, compatibilidad, interés e incluso los diferentes incentivos que pueda tener el Estado sobre este tema, entre otros. De igual manera se debe establecer la información acerca del costo para establecer el promedio de gasto energético que tiene una edificación.

Una vez analizadas y definidas todas las posibles opciones de energías alternativas, se concluyen los parámetros de aplicación, se establecerán cuáles de estos sistemas se pueden involucrar dentro de una edificación multifamiliar, no solo a nivel de Bogotá, sino dentro de un entorno urbano construido y densificado, que reúna las condiciones y características mínimas, en altura, almacenamiento colectivo de agua, recolección colectiva de aguas negras y desechos, salidas y entradas peatonales y vehiculares comunales.

#### 4.2. Segunda fase:

Comprenderá el análisis de la dinámica de los edificios Multifamiliares, verificando y tabulando gastos, requerimientos, equipos que emplea, cantidad, duración, costos energéticos, consumo de agua, cantidad de sanitarios, tamaño de tanques de reserva de agua, recursos naturales externos aprovechables, etc.; para establecer donde están los espacios con mayor movilidad y tráfico, los cuales aparentan ser la materia prima para soportar la producción

de energía y que se pueden aprovechar y adaptar a los nuevos sistemas de generación de energía renovable.

#### 4.3 Tercera Fase:

Se establecerán a manera de conclusión, las diversas opciones de integración entre tecnología y arquitectura para validar las propuestas de generación de energía renovable que más se adapten a nuestros edificios, encontrando la viabilidad técnica, arquitectónica, económica y productiva para la implementación y puesta en marcha de los sistemas de producción de energía eléctrica renovable.

Con estas conclusiones se definirán cuales sistemas de generación de energía eléctrica se pueden aplicar en una edificación multifamiliar, se concluyen y definen los parámetros para aplicar una o varias opciones en la generación de energía eléctrica en Bogotá o en cualquier ubicación que reúna las condiciones mínimas establecidas en la Primera fase.

## 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

En ejecución del plan propuesto desarrollaremos a continuación cada una de las fases establecidas para cimentar de manera clara y detallada técnicamente cada uno de los objetivos señalados como base estructural de la investigación de tal suerte que permitan llegar, luego de agotadas todas las opciones, a la determinación de la viabilidad de aplicación de métodos alternativos para la producción de energía renovable, por ende, es importante abordar cada una de las opciones existentes de energías renovables dentro de nuestro contexto de estudio de vivienda multifamiliar para determinar cuáles son viables, adaptables arquitectónica y funcionalmente en este tipo de edificios en altura.

Inicialmente se realizará una pequeña reseña para contextualizar los principios básicos de las alternativas energéticas, posteriormente se aplicarán estos conceptos y sus requerimientos de funcionamiento a los edificios casos de estudio, esto con el fin de comprobar su funcionalidad y viabilidad y por último, con las variables establecidas, se realizará un estimado en instalación, producción, retorno de inversión y resultado final energético, confirmando hasta donde tendría cobertura esta producción de energía dentro de la edificación. Por ende, el desarrollo de cada alternativa energética se desarrolla de la siguiente manera:

## 5.1.PRIMERA FASE - SISTEMAS ENERGETICOS RENOVABLES

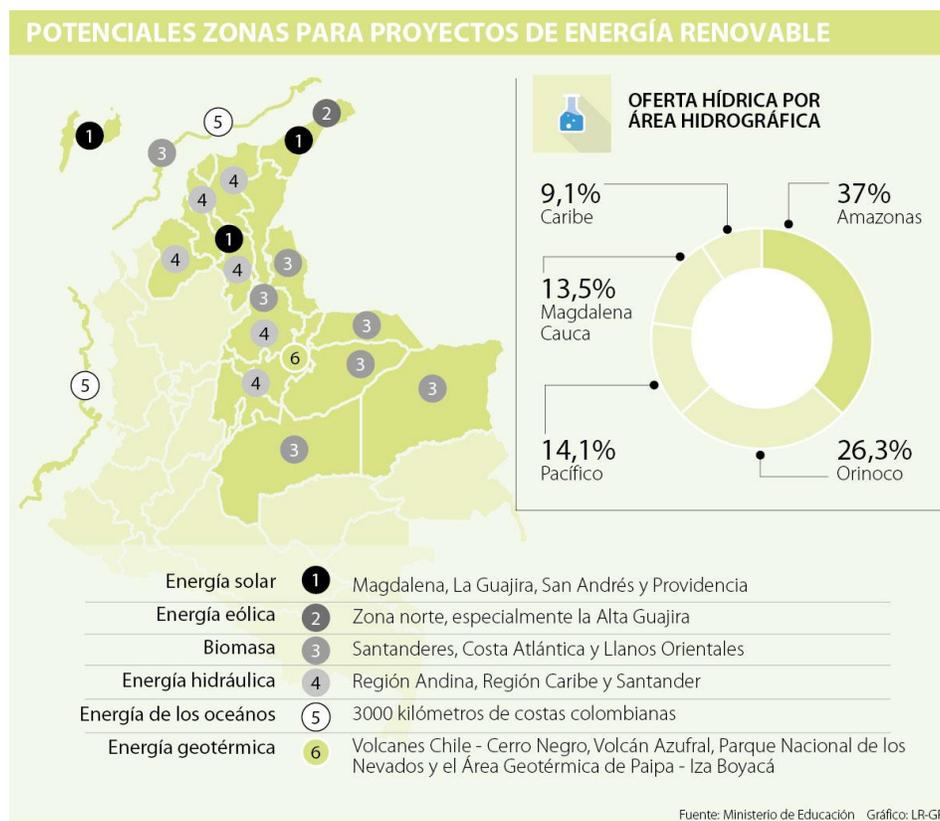


Ilustración 1. Zonas potenciales Proyectos energía renovable en Colombia; Ministerio de Educación, 2018.

La tierra nos ofrece diferentes variables energéticas, sin embargo, los recursos no renovables como el petróleo y sus derivados se han posicionado durante muchos años, supliendo la necesidad energética, pero generando en la mayoría de los casos contaminación y destrucción de biodiversidad, por lo tanto, desde el punto de vista de esta investigación se pretende retomar nuestros orígenes y producir energía pero con sistemas que sean renovables y que sean variables y menos o cero contaminantes, la naturaleza y elementos icónicos como el Girasol, asemejando las energías renovables por su enorme aprovechamiento de la luz solar, su uso para fabricar Biodiesel y su parecido con el Sol; nos da todas las opciones.

Un concepto que se aplica igualmente a la investigación proviene de la Energía Alternativa, o llamada fuente de energía alternativa y es aquella que provee la demanda de energía, pero con un menor grado de contaminación o porque se puede renovar fácilmente.

En el caso práctico de esta investigación, se deben evitar o minimizar las alternativas que usen gas natural, petróleo o carbón, debido a los índices de contaminación que puedan presentar durante la aplicación de las soluciones que enfatiza este documento.

La implementación de las fuentes de energía alterna en una Edificación Multifamiliar, pretende no solo hallar alternativas en la creación de energía, sino aprovechar recursos, elementos, dinámicas propias de la edificación, y crear conciencia de la existencia de materias primas dentro de la edificación que en la mayoría de los casos desperdiciamos.

Las diferentes energías renovables que podemos encontrar en este momento y que son potenciales para la investigación son:

- A. Energía Solar
- B. Energía Eólica
- C. Energía Undimotriz, Mareomotriz
- D. Energía Biocarburante
- E. Energía por Biomasa
- F. Energía Biodigestores
- G. Energía Cinética, piezo eléctricas
- H. Energía mediante turbinas

## 5.2. ENERGÍA SOLAR

La energía solar no solamente ha sido una fuente de vida y soporte básico para nuestra subsistencia, ya que con la tecnología apropiada nos aporta con su radiación la energía suficiente para nuestras necesidades eléctricas.

Básicamente, la estrategia de obtener energía solar basa su efectividad en recolectar la energía del sol ya sea través de los paneles fotovoltaicos o paneles solares para convertir esta radiación en energía, o para generar calor que será aprovechado en la cotidianidad de sus habitantes, “energía térmica”. En ambos casos, se discrimina la necesidad y aplicación funcional, ya sea para tener constante energía limpia, o para contribuir con la calefacción, espacios productivos que requieran de una alta temperatura, etc. De la demanda final que requiera una edificación depende la cantidad de paneles solares o sistemas de calefacción de agua; sin embargo, el ahorro es evidente y proveen un sistema inmediato de aplicación y aprovechamiento.

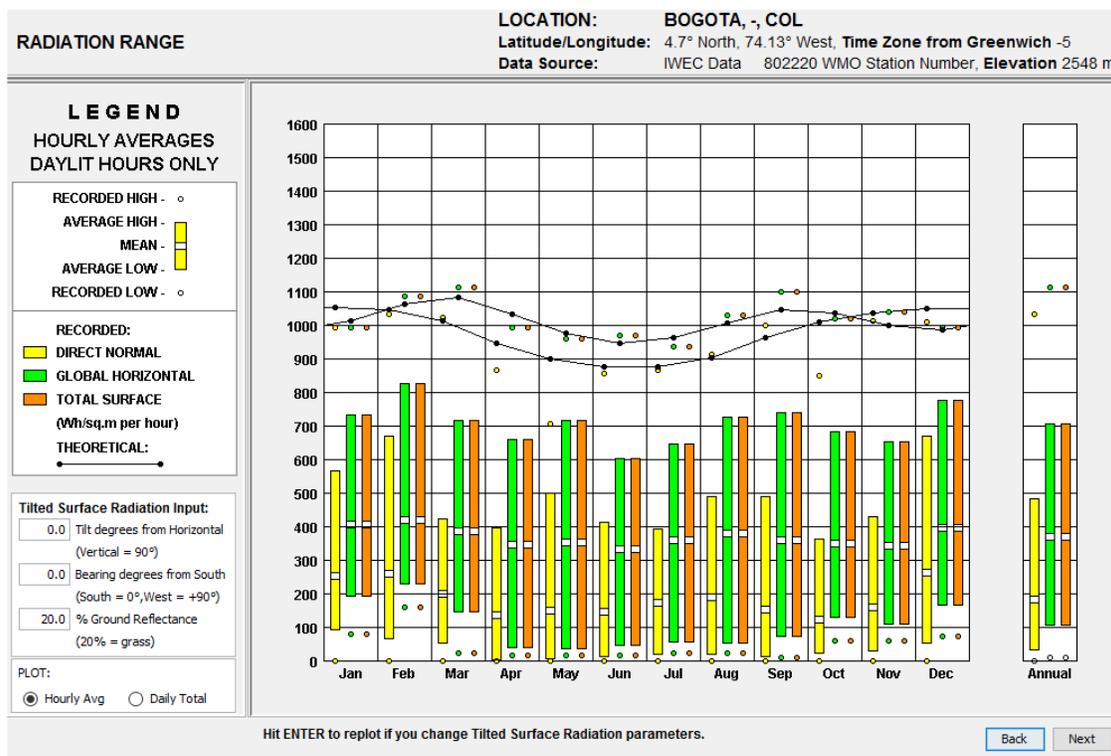
Una de las ventajas de esta energía renovable es su montaje, pues la distribución de paneles solares se puede hacer con el diseño arquitectónico del edificio, y esto conlleva a muy poco desperdicio energético por transporte, ya que desde el lugar de su generación hasta el almacenamiento y distribución en redes eléctricas internas no habrá una distancia considerable que afecte la cantidad de energía producida. Vale aclarar que la cantidad de paneles depende de la orientación y cantidad de radiación durante el día, haciendo un poco más difícil la recolección de energía en lugares con estaciones muy marcadas o con una nubosidad y contaminación constante. Con todo, los avances en tecnología permiten que cada vez más con un panel solar de menor dimensión se logre una aceptable cantidad de kWh, exceptuando lugares extremos de estaciones donde no hay mucha radiación durante

largos periodos de tiempo o con contaminación y zonas de desierto donde el uso de estos paneles no llega a ser óptimo.

## 5.2.1. Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Solar

Para los efectos prácticos de esta investigación, cuyos casos de estudio se encuentran en la ciudad de Bogotá, Colombia, la cual cuenta con una radiación casi constante durante todo el año y unas estaciones no tan marcadas, permiten el aprovechamiento casi constante de los rayos del sol, y a través de la siguiente tabla podemos evidenciar la radiación solar constante que tenemos para este lugar.

Tabla 1. Rango de Radiación Solar para Bogotá, Meteonorm, 2017



De acuerdo a este promedio de radiación por hora para Bogotá, podemos concluir que un panel solar puede estar dentro del rango de las tecnologías que se pueden implementar en una vivienda, siendo una medida viable económica y funcional.

En promedio, con un panel solar convencional, (de acuerdo a la investigación realizada por la corporación Cemaer), podemos concluir que para Bogotá contamos con una Potencia de 482 watts- hora por día.

Esta tecnología va de la mano con el diseño futurista, práctico y estético de nuestras nuevas construcciones, ya que cada vez más encontramos conceptos sustentables, bioclimáticos, energéticos, de asoleación y vientos que se integran a nuestra cotidianidad y estilo de vida y claramente la energía obtenida por los paneles fotovoltaicos o paneles solares complementa y fomenta este carácter de innovación dentro de nuestra vida.

Tabla 2. Horas promedio radiación solar, comparativo principales capitales, <http://www.Cemaer.org>; 2015.

HORAS SOL PICO PROMEDIO		
• México, D.F. = 5.46 HSP	—————>	100 Watts - 546 watts-hora por día
• Bogotá, Colombia = 4.82 HSP	—————>	100 Watts - 482 watts-hora por día
• Santiago, Chile = 5.47 HSP	—————>	100 Watts - 547 watts-hora por día
• Buenos Aires, Argentina = 4.65 HSP	—————>	100 Watts - 465 watts-hora por día
• Berlín, Alemania = 2.73 HSP	—————>	100 Watts - 273 watts-hora por día

  
[www.cemaer.org](http://www.cemaer.org)

Tabla 3. Relación potencia-energía Panel Solar, ejemplo para Bogotá; <http://www.Cemaer.org>; 2015

RELACION POTENCIA-ENERGÍA			
	100 watts	200 watts	300 watts
1 hora	100 watts-hora	200 watts-hora	300 watts-hora
2 horas	200 watts-hora	400 watts-hora	600 watts-hora
3 horas	300 watts-hora	600 watts-hora	900 watts-hora

Este sistema ha evolucionado hasta el punto de encontrarse implícito no solo como fachada de edificaciones, sino que lo podemos encontrar en elementos y accesorios a nivel exterior como cascos para ciclistas, maletas, persianas de espacios, árboles virtuales para cargar celulares, etc.

Una de las desventajas relativas que se encuentran con este sistema radica en que en lugares extremos donde la nubosidad es muy densa, las estaciones frías marcadas o aire con contaminación o polvo en el ambiente no es posible lograr una gran producción energética que permita satisfacer las necesidades de una vivienda multifamiliar.

Este fenómeno de contaminación del aire se ha acentuado los últimos años, vemos como en Bogotá y en varias capitales, se han declarado varias veces la alerta naranja por la cantidad de material particulado dispuesto en el ambiente; la contaminación, quemas y la disminución de los vientos alisios por temporadas, contribuyen en gran medida a empeorar este fenómeno; no solo los perjuicios son a nivel de salud de los habitantes, sino que en nuestro

caso de estudio, la contaminación genera constantes capas finas de polvo y agentes que se posan sobre los paneles solares, impidiendo que la poca radiación que se filtra por las densas capas contaminantes sean aprovechadas por los paneles. Igualmente, los costos en agua y mantenimiento se vuelven cada vez más frecuentes, desaprovechando mano de agua y agua entre otros elementos para mantener limpias las superficies; eventualmente a nivel de mantenimiento se deben cambiar piezas o parte de paneles debido a la lluvia ácida y desgaste por uso, haciendo que esta tecnología no sea compatible al 100% con nuestro entorno capitalino.



Ilustración 2. Contaminación del aire en Bogotá, <https://www.portafolio.co/economia/bogota-en-alerta-amarilla-por-contaminacion-ambiental>, 2019

Es importante evaluar la ubicación de estos paneles solares, pues en ciudades tan densamente pobladas, la radiación directa del sol se ve opacada por edificios cercanos de gran altura que en términos prácticos generan sombra y no permiten que se puedan aprovechar los rayos solares en la mayor cantidad de horas del día.

Otro factor técnico que disminuye la efectividad del panel solar son los materiales y técnicas de fabricación, por la cantidad de proveedores de estos elementos que se encuentran en el mercado, los efectos de reflexión que puedan afectar las construcciones cercanas, y la carencia de espacio para aprovechar en mayor medida los rayos directos, uno de los mayores inconvenientes que se presentan y que reducen la efectividad de los paneles es el aumento desmedido de la temperatura de los elementos que componen el panel y que se pueden deteriorar en épocas fuertes de sol, esto genera una condensación de humedad y disminución en la salida de corriente y potencia, aunque se pueden implementar estrategias para regular la temperatura, de acuerdo a las investigaciones de Shahrestan, Zhu y Lucas,2017; esta aun en cuestionamiento la correcta localización, grado de inclinación y regulación de temperatura que sea estándar para cualquier ubicación, ya que factores externos de vientos, contaminación, topografía y nubosidad generan unas condiciones diferentes en cada caso de aplicación efectiva para estos lugares.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Otra desventaja para el caso en estudio radica en que, aunque este sistema es viable económicamente y su adaptación es relativamente sencilla para un Edificio en Bogotá, no satisface los propósitos de la investigación pues esta se basa en alternativas innovadoras, que no sean comerciales y esta tecnología está actualmente al alcance comercial y su

aplicación está supeditada por la demanda que requiera el edificio para funcionar energéticamente; por tal razón, se deja de lado este aspecto por no satisfacer los objetivos y expectativas del proyecto.

### 5.3. ENERGÍA EÓLICA

Este recurso de energía renovable depende de la fuerza y constancia del viento en un lugar. Esta opción de producción de energía, basa su efectividad en una turbina eólica que transforma el movimiento del viento en corriente para luego ser enviado a un generador eléctrico.

Como un avance de los antiguos molinos de viento, los parques o granjas eólicas aprovechan los fuertes corrientes de aire para generar energía, sin embargo, dentro de los aspectos a considerar para la obtención de energía viable para un proyecto, es el tamaño y cantidad de estos grandes aerogeneradores, ya que pueden medir hasta 50 metros de altura con aspas de 20-30 metros, esta medida depende de la topografía y fuerza del viento en su entorno; así mismo, esta altura sumada a la cantidad de postes eólicos necesaria para cubrir las necesidades del proyecto objeto de estudio, nos lleva a inferir de manera primaria que no permite tener una correcta aplicación.



Ilustración 3. Aerogeneradores Eólicos, <http://www.erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/> 2018

Estos aerogeneradores, normalmente de tres (03) aspas, están interconectados con un generador y gracias al movimiento continuo del viento generan energía, es claro que entre mayor área tengan las aspas es mayor la potencia que genera.

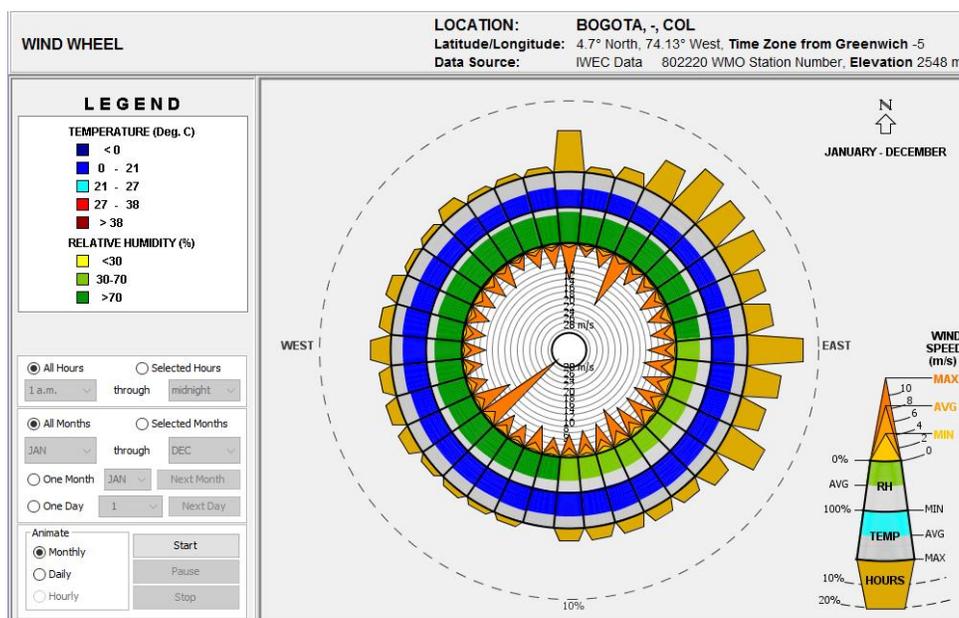


Ilustración 4. Rango de Velocidad aire, Rosa de vientos, ejemplo para Bogotá; Meteonorm, 2018.

### 5.3.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Eólica

Para nuestro caso, tenemos un edificio multifamiliar en Bogotá, donde las limitaciones aeronáuticas no permiten este tipo de infraestructura; igualmente, las limitaciones estéticas por contaminación visual, migración de aves y ruido pueden generar molestias para habitantes cercanos. Finalmente, esta opción de producción de energía no es viable debido a la poca constancia y fuerza del viento promedio en Bogotá, como se evidencia en la tabla 3, que llega a ser de máximo (7m/s) 0,007 Km/s Kw/h.

De acuerdo al estudio relacionado con la calidad de vida e implementación de nuevas alternativas Duarte (2004), a nivel ciudad se genera un impacto nocivo por la generación de ruido relacionado con la puesta en funcionamiento de las turbinas eólicas, igualmente a nivel operativo, los sistemas de bajo ruido o a nivel mecánico el rotor de las palas y las aspas al girar generan un movimiento constante que se acentúa en la noche generando molestias continuas, (Tercioete, 2002; Churro et al., 2004).

Un factor natural que incide en el funcionamiento de la energía eólica, es referente a las aves, ya que generan conflicto con los postes, redes eléctricas y las aspas, generando un impacto negativo ambientalmente y esta incompatibilidad no es fácil de cambiar debido a las rutas migratorias o desplazamientos que ya tiene previstas las aves dentro del espacio aéreo, para anidar, beber o comer dentro de una zona establecida, (WELCH; VENKATESWARAN, 2009). <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-de-produccion/energia-eolica-estudios>

Un aerogenerador puede encontrarse comercialmente desde los que producen de 400W a 3,2 kW y con un diámetro de 1 a 5 metros de aspas; hasta las usadas en las grandes granjas eólicas que producen 2.500 kW con 80 metros de aspas; la potencia mínima del viento requerida para estos aerogeneradores es de 11 Km/h, teniendo su desempeño óptimo en los 45 Km/h, medidas anuales de desempeño del viento. (Datos suministrados por <http://www.soliclima.com/eolica.html>. 2017.)

Tabla 4. Velocidad Promedio del viento por Departamentos, <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/22>; 2019

ID	LONGITUD	LATITUD	ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO
1	75°16'W	10°47'N	GALERAZAMBA	BOLÍVAR	5.9
2	73°33'W	05°26'N	GACHANECA	BOYACÁ	5.5
3	81°43'W	12°35'N	AEROPUERTO SESQUICENTENARIO	ISLA DE SAN ANDRÉS	5.1
4	74°44'W	03°20'N	LA LEGIOSA	HUILA	4.1
5	81°21'W	13°22'N	AEROPUERTO EL EMBRUJO	ISLA DE PROVIDENCIA	4.0
6	72°56'W	11°32'N	AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA	LA GUAJIRA	4.0
7	73°30W	05°32'N	VILLA CARMEN	BOYACÁ	3.9
8	77°18'W	01°11'N	OBONUCO	NARIÑO	3.5
9	72°31'W	07°56N	AEROPUERTO CAMILO DAZA	NORTE DE SANTANDER	3.3
10	76°07'W	06°20'N	URRAO	ANTIOQUIA	3.0
11	74°36'W	10°53'N	AEROPUERTO ERNERTO CORTISSOZ	ATLÁNTICO	2.9
12	74°14'W	11°08N	AEROPUERTO SIMÓN BOLÍVAR	MAGDALENA	2.9
13	73°11'W	07°08'N	AEROPUERTO PALONEGRO	SANTANDER	2.8
14	75°08'W	03°35'N	ANCHIQUE	TOLIMA	2.7
15	73°14'W	08°05'N	ÁBREGO CENTRO ADMINISTRATIVO	NORTE DE SANTANDER	2.5
16	74°09'W	04°43'N	AEROPUERTO EL DORADO PISTAS 1-2	CUNDINAMARCA	2.2

En el anterior cuadro evidenciamos, que según el UPME (Unidad de Planeación Minero Eléctrica), del ministerio de minas de Colombia, no existe en el país una corriente de aire tan fuerte como para obtener la energía necesaria para cubrir los requerimientos energéticos de zonas densamente pobladas, además el transporte de esta energía a través de las redes eléctricas imposibilita llevar sin un porcentaje de pérdida la corriente a otras zonas del país.

#### 5.4. ENERGÍA UNDIMOTRIZ Y MAREOMOTRÍZ

Dentro de los avances tecnológicos que se encuentran en proceso de investigación y aplicación, se encuentra la generación de energía por medio del movimiento de las olas a nivel superficial (Undimotriz) o de las corrientes marinas profundas (Mareomotriz). Dentro de las ventajas de este sistema, se puede establecer que, además de ser un recurso cinético inagotable, frecuente y natural, es que causa una mínima contaminación y que es producto del constante movimiento que genera el mar sin importar la fuerza de las olas.

Sin embargo, dentro de las limitantes que se pueden presentar en la operatividad de este sistema es el continuo mantenimiento debido al salitre del mar, la proliferación de algas y demás especies marinas, el continuo filtro de las turbinas cinéticas por exceso de arena y el transporte de la energía producida hasta el lugar de almacenaje o utilización; lo que limita en cierta medida la aplicación de esta fuente solamente a zonas costeras de fuertes corrientes marinas y poco aprovechamiento de las playas.

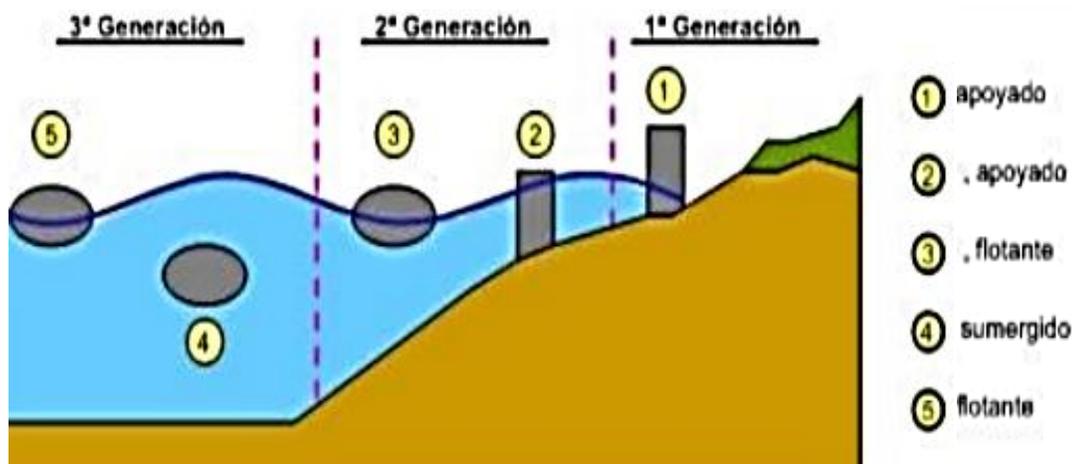


Ilustración 5. Tipos de aprovechamiento de energía undimotriz y mareomotriz; United nations enviroment programme; "Oleadas de energía", 2017.

#### 5.4.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Undimotriz y Mareomotriz

Debido a su procedencia, este recurso no es viable técnicamente ni se puede aplicar a la dinámica de un edificio, ya que no es posible encontrar una cantidad de agua almacenada y en constante movimiento que permita adaptar un mecanismo de generación de energía; una de las opciones técnicas que se encontraron en esta investigación fue el posible aprovechamiento de los tanques de agua potable subterráneos y que estarían disponibles para adaptarlos al sistema, sin embargo para que una turbina cinética de este tipo funcione, se requiere de grandes olas lo que hace inviable por costo en infraestructura y tamaño que se ponga en movimiento toda el agua acumulada.

De acuerdo al foro nuclear industrial de España, uno de los mayores inconvenientes de este tipo de alternativas para generar energía, radica en el perjuicio que trae para el ecosistema, ya que muchas especies vegetales y animales en su delicado hábitat, tienden a desaparecer cerca

a las centrales de proyectos de esta tecnología, pues el cambio en el oleaje, presión de las bombas, movimiento del lecho marino con la calidad salina del agua, y el acelerado proceso de movimiento del lecho marino los afecta directamente; así mismo, por la magnitud de los equipos requeridos para generar energía generan un impacto visual y construido en el entorno; el costo y mantenimiento requiere de una inversión alta de dinero y finalmente se requiere de un oleaje fuerte y constante que no se presenta en muchos espacios de nuestro territorio. <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqas-sobre-energia/capitulo-1/115482-ique-es-la-energia-mareomotriz-y-como-se-puede-aprovechar>

## 5.5. ENERGÍA BIOCARBURANTE

A través de la fermentación con ayuda de levaduras de elementos naturales como el maíz, remolacha, sorgo, caña, papa y yuca, se pueden transformar en compuestos inflamables como el etanol y este a su vez mezclarlo con la gasolina.

Dentro de este proceso de obtención de alcohol, se debe contemplar que el líquido fermentado pasa a unas torres de destilación y por una dinámica de evaporación se separan las impurezas, posteriormente se debe deshidratar este compuesto para retirar toda el agua, generando así alcohol anhidro o alcohol sin agua.

En nuestro país, gracias a la Ley 693 de 2001, se decidió que, a partir del año 2005, ciudades con más de 500 mil habitantes, como Bogotá, Barranquilla, Medellín o Cali, deben emplear una mezcla de gasolina y etanol en un 8%.

Las ventajas de esta mezcla es que ayudan a prevenir enfermedades respiratorias controlando los gases invernadero y por ende el calentamiento global, ya que el etanol disminuye los gases;

igualmente, la gasolina pura es un derivado del petróleo, por ende, siendo esta una fuente de energía no renovable, evita en menor medida que exista una crisis energética.

Como política gubernamental, esta implementación pretende apoyar al crecimiento sustentable de la industria de los biocombustibles; ya que además pretende potencializar la investigación e implementación de nuevas tecnologías que desarrollen el campo, haciendo una sinergia entre las cualidades agrarias, fomentar empleo y contribuir con el trabajo productivo en el campo (<http://www.fedebiocombustibles.com>; 2017).

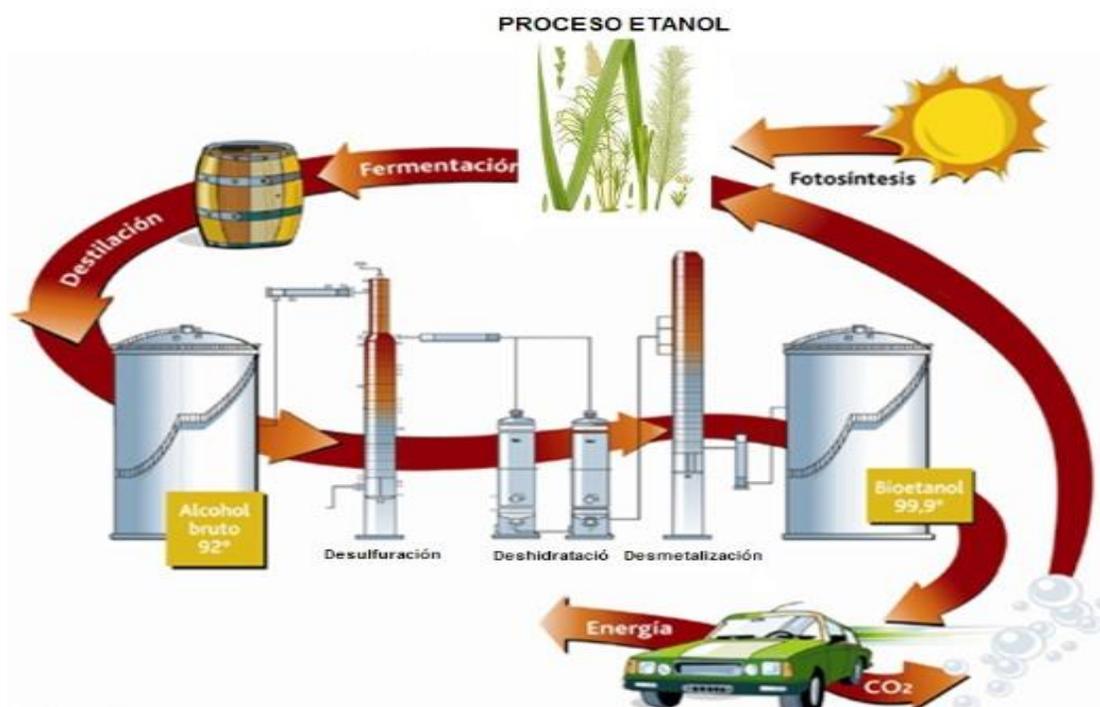


Ilustración 6. Proceso creación etanol; <http://www.elmundoenergetico.blog.com.es>; 2018

### 5.5.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Biocarburante

Dentro de las desventajas de este recurso se encuentran las grandes cantidades que se deben emplear para generar una carga eléctrica considerable y aprovechable, el equipo industrial

que asume esta producción de los biocarburantes, no solo por la mínima contaminación que genera la combustión, sino la inviabilidad en el contexto espacial de nuestro objeto de estudio y además porque no es un recurso netamente “verde”, ya que en la producción de 1 kilogramo de combustible se requieren 20 kilogramos de agua a nivel industrial. Igualmente se consideran dos puntos importantes en la consecución de biocarburantes para que llenen las expectativas de producción : en primer lugar, la materia prima de combustión, la cual se requiere en masas considerables y los desechos vegetales que puedan provenir de las viviendas no llenan la capacidad requerida para generar todo el proceso; así mismo, a nivel industrial, se requiere de una vasta zona de cultivo y producción constante de plantas y vegetales que suministren la materia prima correcta, pero esto conlleva a la deforestación y desgaste de zonas de producción. En segundo lugar, se requiere de maquinaria industrial especializada de difícil montaje, que ocupa espacio excesivo y produce grandes cantidades de CO<sub>2</sub>.

Una propuesta para la implementación de este recurso a la vivienda multifamiliar en Bogotá, sería contemplar la producción de cultivos en las terrazas verdes o jardines verticales para cultivar las plantas y vegetales requeridos para generar los biocarburantes; sin embargo, el mantenimiento, espacio requerido, mano de obra para la siembra y el cuidado conllevan a generar unos campos de acción muy limitados para los habitantes de estos edificios, los cuales viviendo en la ciudad tienen otras prioridades profesionales y funcionales que limitaran esta labor y por ende la probabilidad de implementación resulta muy escasa.

A nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, se ha demostrado que durante el proceso de recolección, manipulación, secado y quema de los elementos que producen los Biocombustibles, aunque en menor medida pero emiten gases efecto invernadero y CO<sub>2</sub>, ya que en esta dinámica se

involucran elementos que dejan una huella importante. <https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/vidalquodras-a-los-biocarburante...>

## 5.6. ENERGÍA CON BIOMASA

La biomasa como sistema de producción de energía, se refiere a toda la materia que almacena un individuo, basa su proceso en la combustión de elementos de desecho comunes para nuestras actividades humanas, pero que al ser tratadas y separadas generan la materia prima para el proceso de generación eléctrica. Los pasos regulares para que este sistema funcione, radican en la combustión de la Biomasa generando grandes concentraciones de agua en vapor, el cual con una presión adecuada hacer girar una turbina que genera energía a través de un generador; el proceso es cíclico ya que el vapor se convierte en agua y nuevamente en vapor <http://opex-energy.com/biomasa>.

De acuerdo a la directiva 2003/30/CE, del parlamento europeo, la biomasa es la “fracción biodegradable de productos de desecho y residuos procedentes de la agricultura, silvicultura y de las industrias relacionadas, así como de la fracción biodegradable de residuos industriales y municipales”.

Teniendo en cuenta su origen vegetal o animal, la biomasa apunta a ser una de las fuentes renovables de energía más productiva a corto plazo, pues comprende todos los residuos y desechos orgánicos que pueden ser aprovechados para la combustión, un ejemplo claro es la transformación que generan las plantas con la energía radiante solar y la convierten en energía química a través de la fotosíntesis, y esta a su vez queda almacenada en forma de

materia orgánica. Es decir, energía solar que una planta almacenó con la fotosíntesis durante toda su vida, y que eliminó a través del CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Dentro de los elementos naturales que pueden servir como potenciales en la combustión de la biomasa se encuentran residuos como bagazos de plantas con aceites vegetales, semillas de uva, semillas de aceitunas, cascara y partes que no se consuman de diversas variedades de frutos en su estado seco, limpieza, excavación de capa vegetal y descapote de terrenos, rastrojos, paja, restos de árboles, cortezas, etc., enmarcando la Biomasa dentro del concepto a elementos orgánicos y renovables.

Esta energía es la resultante de la combustión, que se puede producir mediante centrales térmicas especializadas a diferentes escalas, igualmente a nivel comercial se pueden contemplar calderas tipo industrial para vivienda, oficinas y edificios de diversos usos que requieran del agua caliente para realizar diversas actividades. Es importante que los elementos que entran a esta caldera tengan la mayoría de compuestos en estado seco, ya que la humedad genera menos rendimiento al momento de la combustión para que puede generar calor más continuo y concentrado por cada kilogramo de biomasa

La Biomasa presenta igualmente un beneficio desde combustión como la menor emisión de azufre y menores emisiones de agentes contaminantes como el HC, CO y NOX. Por ende para nuestra época actual es de vital importancia que se valoren nuevas fuentes de energía , esto debido a que más del 80% de nuestra actual energía está ligada a las energías fósiles, un 13% de energía proveniente de las reacciones nucleares y solo un 6% restante de energías alternas; la empresa de investigación bioenergética española twenergy, dentro de sus políticas de investigaciones se apropia de los lineamientos en el mejoramiento de la consecución de

energía a través de mecanismos alternos derivados de las actividades humanas.

<https://twenergy.com/a/que-es-la-biomasa>

Este mecanismo con Biomasa es muy utilizado a nivel rural, ya que el desempeño agrícola reúne la mayoría de materia prima eficiente para generar una combustión adecuada y duradera. Igualmente, el aprovechamiento de estos materiales para su quema ayuda a limpiar los terrenos, eliminar malezas, insectos poco beneficiosos, generación de empleos, y tecnificación de estrategias. <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>.

#### 5.6.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Biomasa

Uno de los puntos desfavorables en la aplicación de esta tecnología a nivel urbano y dentro de la edificación objeto de estudio, es la lejanía de la procedencia de materia prima capaz de alimentar y mantener viva la llama durante un tiempo prolongado, ya que si el campo está aislado de la ciudad mayor costo de almacenaje, procesamiento y transporte hasta la edificación, así mismo, dependemos de la actividad agrícola, avícola o agropecuaria del entorno para facilitar la fabricación de pellets que compacten los materiales sobrantes del campo.

Igualmente la maquinaria que genera esta combustión requiere de un espacio importante e infraestructura industrial para la correcta generación de energía, el espacio es el mayor limitante en edificios residenciales, puesto que cada metro cuadrado implica el aprovechamiento en la dinámica de los residentes, la puesta en marcha, abastecimiento, supervisión y producción de energía de la maquinaria requiere de un control humano, por

ello a nivel residencial no se puede encontrar que la maquinaria sea autosuficiente.

<https://innergyglobal.com/es/biomasa-el-problema-y-la-solucion-de-nuestros-bosques>

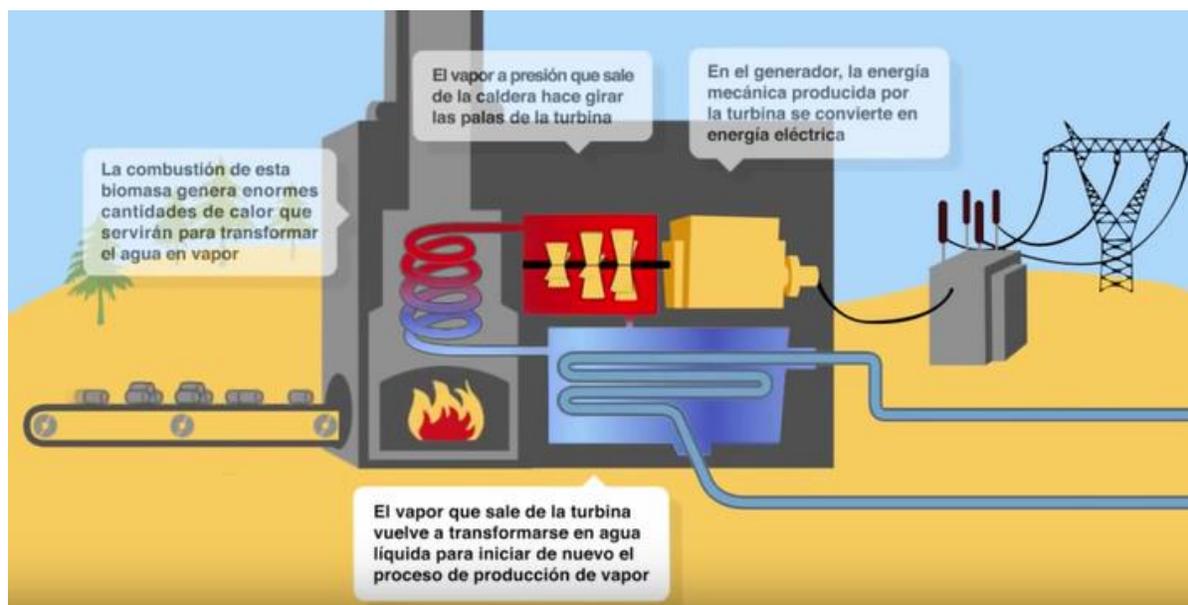


Ilustración 7, Proceso generación biomasa, <http://www.dinamos.co/energiasrenovables/energiadelabiomasa.2018>

De acuerdo al último estudio de Amigos de la Tierra, 2017, elaborado por la universidad de Viena,

El uso en aumento de esta tecnología genera una amenaza para aquellos bosques o sembradíos de donde se extrae la materia prima, ya que se requieren de grandes extensiones de tierra para la producción de las plantas y vegetales excelentes para generar la biomasa, pero que en su proceso de crecimiento requieren de varios años de cultivo.

<https://www.tierra.org/es-la-biomasa-una-fuente-de-energia-realmente-renovable/>

## 5.7. ENERGÍA PRODUCIDA CON BIODIGESTORES

Un Biodigestor también llamado digester biológico, es un sistema donde se reúnen las materias fecales de humanos o animales, desechos vegetales y frutales (no incluidos elementos cítricos), en un espacio para que se fermenten por medio de microorganismos, el resultado de este proceso genera gas metano, llamado técnicamente Biogás y un líquido que es excelente fertilizante; una de las ventajas de este sistema es el aprovechamiento de los desechos y la generación de una energía y combustibles sin afectar en mayor medida el medio ambiente. Adicionalmente genera un proceso sustentable al utilizar en toda su materia prima la basura y desechos que requieren de un destino final en su mayoría de veces poco planeado y sanitario.

EL Biodigestor que utiliza los residuos sanitarios GRS (Gas Residuos Sanitarios) produce por la descomposición anaeróbica un gas que no se considera nocivo para el calentamiento global, este BioGas se puede utilizar como materia prima en la producción de energía mediante plantas eléctricas.

Según el uso que se dé al GRS, se deben contemplarse alternativas de mantenimiento como remoción de agua, condensados, material particulado y espuma, y otros más precisos como los sulfuros de hidrógeno, siloxados, amoníaco, halógenos e hidrocarburos aromáticos; por lo tanto es importante contemplar los servicios posteriores con empresas encargadas de este mantenimiento, que aunque no es constante, si debe realizarse por personal capacitado.

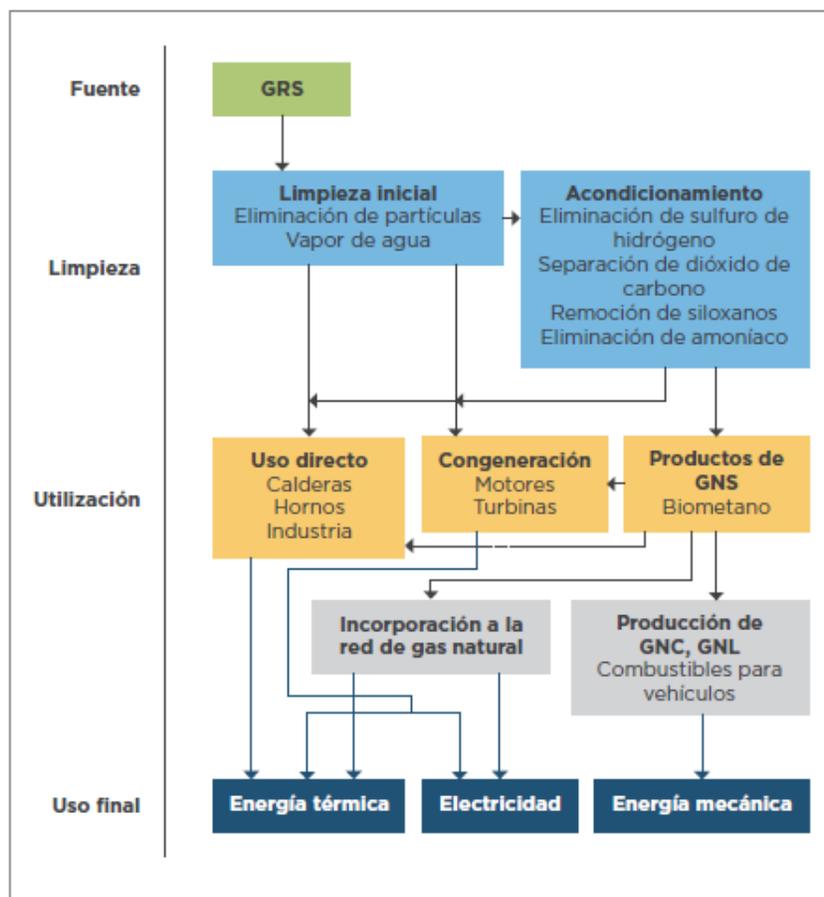


Ilustración 8. tratamiento y uso del biogás, [http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page\\_id=802010.2019](http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page_id=802010.2019)

Siendo esta una energía que se produce utilizando el Biogás y a su vez requiere de una planta eléctrica o turbina, se llama energía de Cogeneración, y aunque existen grandes proyectos como Ox Mountain (EEUU) de 11 MW; Dairyland (EEUU) de 4MW, Relleno Sanitario de Monterrey (México) de 12 MW, Belo Horizonte (Brasil), de 4,3 MW, esta tesis de grado pretende implementar estos sistemas a una escala particular aprovechando su infraestructura y recursos.



Ilustración 9. esquema producción biogás a través de los biodigestores; <http://www.labioguia.com/notas/biodigestores>, 2018.

La forma constructiva de este Biodigestor consiste en un recipiente hermético y totalmente impermeable, dentro del cual se recogen todas las sustancias de desecho descritas, generando el Biogás a base de metano, el cual dentro de los múltiples beneficios que tiene es que su combustión no genera tanto  $\text{CO}_2$  por ser derivado de sustancias animales, es altamente efectivo pues el Biogás se concentra en los tanques Biodigestores y posteriormente se utiliza sin generar transporte o redes altamente tecnificadas.

Dentro de los controles básicos para la correcta implementación de este sistema debe considerarse el manejo de todos los residuos hasta el contenedor, la forma impermeable y compacta del reactor o Biodigestor, el control del Ph y la directa comunicación entre el reactor y las cocinas para utilizar el Biogás, igualmente es importante el retiro práctico de los residuos

para ser utilizados como fertilizantes; el cual si no se aprovecha internamente en este caso de estudio, puede resultar un ingreso mensual por su venta.

Según el Sistema de Gestión de Información y Conocimiento en Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en Colombia, se estima que en el mundo hay más de 30 millones de Biodigestores que proporcionan energía a comunidades; en sur américa en Cuba, Brasil, Costa rica y Colombia solo se ha desarrollado en nivel rural.

Sin embargo, dentro de los proyectos más cercanos que ha implementado este sistema se encuentra el jardín Botánico en Bogotá, el cual con ayuda de las dos toneladas de residuos que produce diariamente puede producir su propia energía; igualmente, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Fernando, Medellín, la cual además de limpiar el río Medellín produce Biogás.

#### 5.7.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía con Biodigestores

Este sistema se utiliza mucho en zonas rurales de nuestros países, ya que por la carencia de electricidad puede ser una solución viable y rápida en la consecución de la misma, además por la facilidad relativa en la construcción y materia prima para su operación, ya que residuos vegetales y excrementos de animales y personas pueden contribuir a su puesta en marcha; <https://www.factorenergia.com/es/blog/.../energias-alternativas-biomasa-biogas/>

En el caso de los últimos residuos se generan fertilizantes efectivos que se pueden emplear en las zonas rurales, sin embargo, para los edificios objeto del presente estudio existe la opción de reutilizarlos en sus zonas verdes si están contempladas dentro de su arquitectura, o para

ser comercializado en su entorno como abono orgánico.

[www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/folleto\\_biodigestores.pdf](http://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/folleto_biodigestores.pdf)

Debido al costo cero en la materia prima, mantenimiento mínimo, mano de obra poco especializada en su mantenimiento, aprovechamiento de basuras y desechos fecales, generando abono y biogas, capaz de instalarse en cualquier clima y altura, esta alternativa energética se contempla para seguir con el proceso de esta investigación, como una de las más eficientes y aplicadas dentro de los edificios caso de estudio.

[www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/folleto\\_biodigestores.pdf](http://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/folleto_biodigestores.pdf)

## 5.8. ENERGÍA CINÉTICA

Algunas piezas de cristales minerales (Cristal de niobato de litio, cuarzo sintético, etc.); después de ser sometidos a una fuerza mecánica generan una carga eléctrica debido a que estos elementos se polarizan, con lo cual la tensión y compresión generan un voltaje de polaridad opuesta.

En el ámbito de la energía cinética se han hecho avances importantes, la tecnología y visión estratégica han permitido implementar varios tipos de receptores de vibración y movimiento aplicados a áreas con movimiento continuo de vehículos o personas como zonas de circulación, parqueaderos, discotecas o lugares de congregación continua de personas.

Sin embargo, cualquiera de estos sistemas es efectivo siempre y cuando exista una importante cantidad y continuidad de estos movimientos dentro de un espacio; con esta condición, se identificaron espacios dentro de la edificación con estos requerimientos que pueden ser: parqueaderos, escaleras, corredores de circulación, portería, salones de eventos y máquinas de ejercitación de su gimnasio dentro de los cuales se pueden adaptar estos sistemas de generación de energía.

Un factor importante que se debe contemplar para el correcto aprovechamiento y funcionalidad de este sistema es la forma de almacenar lo que producimos, dentro de la industria este aspecto aún se encuentra en avance y es evidente que no existe una forma viable, segura y práctica para acumular pequeñas cantidades de energía para posteriormente ser usadas en un elemento que requiera una gran carga.

El complemento de este tipo de energía renovable es sin lugar a dudas un dispositivo que permita canalizar, todo este movimiento y lo convierta en energía, por ello podría decirse que la energía cinética está presente en todas las actividades humanas y operativas de nuestro entorno, sin embargo, no se aprovecha de la mejor manera; pues con el movimiento constante se está generando energía.



Ilustración 10, Baldosas piezoeléctricas, <http://epre.gov.ar/web/baldosageneranenergiaconnuestraspisadas> 2018

### 5.8.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía Cinética

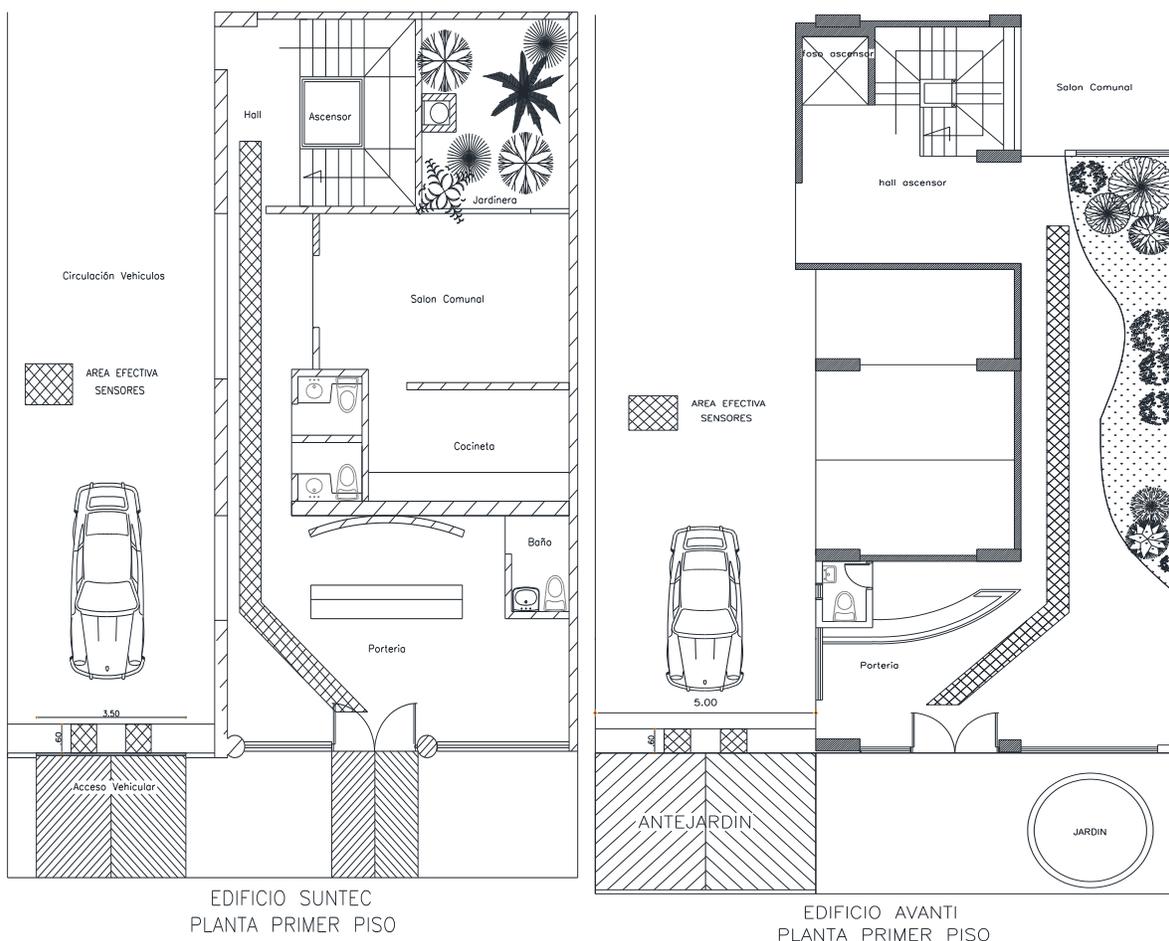
Debido a que esta opción de producción de energía basa su efectividad en el movimiento casi constante de una masa y si esta energía es además prolongada, puede a su vez generar una carga eléctrica importante que puede ser canalizada y utilizada; (<https://faircompanies.com/articles/energia-cinetica-crear-electricidad-con-nuestro-movimiento>. 2010).

Sin embargo es claro que para que se pueda aprovechar la energía cinética nos remitimos a la regla mínima de constancia y fuerza, por lo tanto se deben descartar los movimientos antes relacionados dentro de la dinámica de un edificio multifamiliar, pues es claro que existen horas pico, donde el tráfico vehicular, peatonal, de los gimnasios y del ascensor es constante, pero solo por determinadas horas, lo cual hace ineficiente este sistema por

encontrarse muchas horas sin operación, dejando una inversión e infraestructura completamente subutilizada.

Dentro de los inmuebles objeto de estudio se pudo establecer que la mayor circulación se genera habitualmente en los hall de todos los pisos pero se concentra y es puntual en lugares de acceso principal como porterías y parqueaderos, donde confluyen todos los habitantes de este edificio, sin embargo, se pudo evidenciar en la dinámica de los edificios que no todos los habitantes y los vehículos se movilizan todos los días, por lo cual se generó un censo donde se clasifica la frecuencia de estas actividades y dependiendo de sus horarios de trabajo, (Asumiendo comportamientos laborales similares), lo cual se evidencia en la tabla No. 6 de población y actividades.

Como punto de partida para la obtención de resultados se consideró el informe final sobre sensores Piezo eléctricos, realizado por la Unam (Estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México; [http://www.feriadelasciencias.unam.mx/Pisando\\_y\\_generando.pdf](http://www.feriadelasciencias.unam.mx/Pisando_y_generando.pdf). 2010); en el cual se estableció que si se genera una plataforma de 60 cms por 60 cms (36 cms<sup>2</sup>), en un espacio de tránsito, y esta vibración se traslada a través de cableado a una batería de almacenaje, se pueden producir 10 V con una corriente de 100µA (Microamperios)



**Ilustración 11, localización área efectiva circulación peatonal; Proyecto personal, 2018.**

Se descartaron de esta investigación elementos y lugares como el salón comunal y gimnasios, zonas de deporte, salón de squash, zonas de juegos, debido al uso poco frecuente, y las actividades como el golpe del agua para llenar un tanque y la caída de la basura dentro del shut de basuras, esto debido a que para que un sensor piezoeléctrico produzca una carga considerable, debe tener por lo menos 50 kilos de peso y ser constante; por lo tanto dentro de la dinámica de estas últimas actividades no se cumplen ninguna de las dos condiciones.

Con esta información podemos concluir, (Datos suministrados del censo a tres edificios residenciales caso de estudio en Bogotá, junio 2017), para efectos de la ubicación, cantidad y productividad de los sensores piezoeléctricos:

1. Tenemos en promedio 67 habitantes y 28 vehículos que salen y entran todos los días; esta cantidad de personas y el movimiento que generan se agrupan en las puertas de acceso y circulaciones principales, lo cual atenúa la efectividad y la carga de estos sensores piezoeléctricos.
2. La cantidad de personas y movimiento vehicular no es suficiente para generar una carga considerable que sea aprovechada dentro de la edificación.

En este punto del presupuesto se genera un conflicto técnico en la aplicación de esta tecnología, pues, aunque resulta interesante la cantidad relativa de carga que puede producir, esta no es constante, y en el proceso de almacenamiento, transporte y conversión a una carga que se adapte a las lámparas convencionales no permiten el aprovechamiento completo de su energía.

La no viabilidad de este sistema radica en la carencia de un almacenaje económico, funcional, práctico y eficiente que se pueda adaptar dentro de una edificación; además, se requiere de una batería que almacene pequeñas cantidades de energía para después suministrar una carga elevada.

Todo esto imposibilita la efectividad de este sistema por cuanto no existe un mecanismo que recoja la energía y la suministre de manera efectiva y en la actualidad se maneja con baterías conectadas entre sí que generan pérdida y consecuente desperdicio de energía al traspasarse

de unas a otras. Por otra parte, las baterías actuales emplean mucho espacio para su ubicación lo que genera desventaja en su implementación ya que deberá ocuparse un área importante de las edificaciones.

Así mismo, la carga que produce solo puede iluminar pocas horas un promedio de 10 lámparas led convencionales. Con lo cual por términos prácticos y eficientes no es viable la utilización de este sistema. <https://es.slideshare.net/EduardReyes2/proyecto-completo-piezoelectrico>.

## 5.9. ENERGÍA MEDIANTE TURBINAS

El sistema de turbinas, que emplea netamente el recurso hídrico también se conoce como turbo máquina motora hidráulica, ya que emplea el paso constante de un fluido produciendo un movimiento de rotación y a través de su eje mueve un generador eléctrico que transforma la energía mecánica en eléctrica. [https://es.Twenergy.com/Turbina\\_hidraulica](https://es.Twenergy.com/Turbina_hidraulica)), 2018.

Las turbinas aprovechan la energía potencial de gravedad que posee una cantidad estimada de agua y con esta presión mueve el generador hasta producir energía.

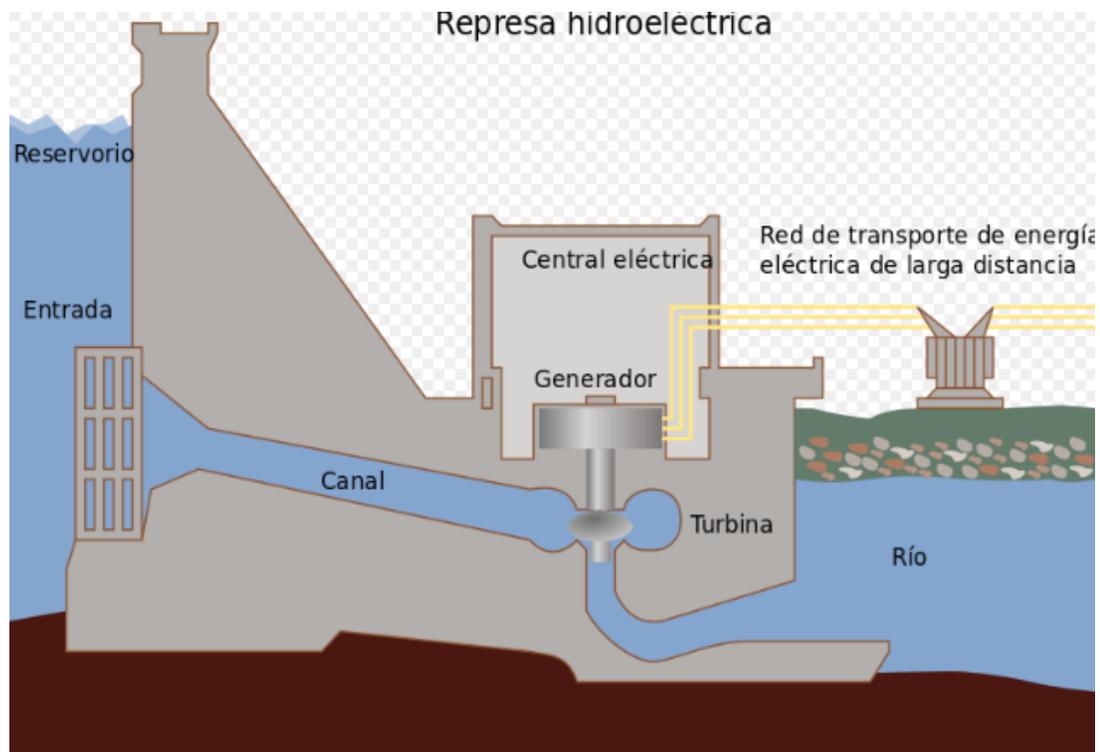


Ilustración 12, Corte transversal de una represa hidroeléctrica, <http://www.twenergy.com>, 2017.

Aunque este sistema se relaciona siempre con hidroeléctricas o elementos a gran escala, el concepto básico en la dinámica de funcionamiento es el paso constante y a presión de agua para que la turbina mueva el rotor y a su vez se produzca energía.

### 5.9.1 Viabilidad de Implementación del sistema de Energía con Turbinas

Este sistema muy utilizado dentro de las fincas a nivel rural por proveer de manera práctica de una buena cantidad de energía simplemente con la fuerza del agua, se puede implementar dentro de nuestros edificios objeto de estudio ya que podemos imitar las condiciones que este sistema requiere sin tener que intervenir la construcción o modificar las actuales redes.

De acuerdo al tema de investigación y los edificios objeto de estudio, la implementación de la turbina se puede dar a través del movimiento de agua, el cual se encuentra en estos casos dentro de los tanques de agua potable y aguas lluvias, los cuales siempre están con una cantidad considerable de agua y particularmente por encontrarse en la cimentación (Sótano, semisótano), requiere de un equipo de presión o bombeo para presurizar el agua dentro de la edificación hasta cada salida de agua potable, o hasta los colectores de aguas lluvias para “botarla” al sistema de alcantarillado. Con estos dos elementos (agua y presión), se puede adaptar la turbina para que aproveche este movimiento constante; dentro de la aplicación del sistema se pueden valorar conceptos como la recirculación de agua a través de tubería para que este movimiento cíclico siga produciendo energía. <https://www.ecologiaverde.com> › Ecología › Energías renovables.

Dentro de las ventajas que se aprecian de este sistema se pueden enumerar:

- El diseño hidrodinámico y robusto de las turbinas, las cuales garantizan un alto rendimiento y mínimo mantenimiento.
- Debido a sus mínimas dimensiones, se puede instalar fácilmente dentro de cualquier espacio o tubería. <https://elblogverde.com/la-energia-hidraulica>. 2019.

El costo de la implementación es relativamente económico teniendo en cuenta el beneficio que de este sistema se deriva, igualmente, no se genera ningún nivel de contaminación, y el mayor beneficio que se pretende lograr es que se combine con la infraestructura actual de cualquier edificación y la producción de energía sea cíclica, como por ejemplo por medio de tubería en un circuito cerrado dentro de la edificación, el cuál además permite pocas pérdidas por evaporación y mayor aprovechamiento de la fuerza del agua.

## 6. SEGUNDA FASE - EDIFICIOS OBJETO DE ESTUDIO, VIVIENDA MULTIFAMILIAR

En ejecución de la segunda fase propuesta y para verificar la forma en que estos nuevos sistemas se pueden implementar o acondicionar dentro de una edificación, es preciso filtrar y analizar algunos datos básicos de nuestros inmuebles seleccionados para el estudio; por lo tanto se tomaron como base tres edificios residenciales estrato 4; ubicados al norte de Bogotá, de características constructivas similares, con parqueaderos, sótano, zonas comunes, ascensor, portería y tanques (agua potable y eyector), siendo estas cualidades muy comunes dentro del contexto residencial en Bogotá.

Los edificios cumplen con la norma estructural vigente de sismo resistencia NSR-10 y demás normas urbanísticas y arquitectónicas a nivel Nacional de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial POT y sus decretos reglamentarios.

Los edificios Multifamiliares que tendremos en cuenta para realizar el estudio están descritos así:

### 1. EDIFICIO AVANTI

Calle 149 No. 45 – 63, Siete (07) pisos; Treinta y seis (36) apartamentos.

### 2. EDIFICIO SUNTEC

Calle 149 No. 45 – 49, Siete (07) pisos, Treinta (30) apartamentos.

### 3. EDIFICIO ROMANI

Calle 134 No. 10 A 80; Siete (07) pisos, Treinta (30) apartamentos.



Ilustración 13, Fachada edificio suntec y avanti; <http://www.Google earth, 2018>



Ilustración 14, Fachada edificio romani; <http://www.google earth, 2018>

La población de estos edificios tiene una edad promedio de 38 años, profesionales, de estrato socioeconómico 4 y con los cuales se realizó el siguiente censo para evidenciar las posibles opciones en la implementación de sistemas de generación de energía:

Tabla 5. ficha técnica edificio suntec, datos sobre cantidades, producción propia. 2018

FICHA TECNICA							
NOMBRE:	EDIFICIO SUNTEC						
DIRECCIÓN:	CALLE 149 No. 45 - 49						
ESTRATO:	CUATRO (04)						
CANTIDAD APARTAMENTOS	TREINTA (30)						
APARTAMENTO	CANTIDAD DE HABITANTES	CANTIDAD DE VEHICULOS	CANTIDAD COCINAS	CANTIDAD DE SANITARIOS	CANTIDAD DE DUCHAS	VECES AL DIA QUE SALEN LOS HABITANTES	VECES AL DIA QUE SALE EL VEHICULO
201	4	2	1	2	2	3	1
202	3	1	1	1	1	3	1
203	3	2	1	2	2	2	1
204	3	-	1	2	2	2	
205	4	2	1	2	2	4	1
301	4	1	1	2	2	3	1
302	3	2	1	1	1	1	2
303	4	2	1	2	2	3	1
304	3	-	1	2	2	3	
305	4	1	1	2	2	4	1
401	4	2	1	2	2	2	2
402	2	-	1	1	1	1	
403	4	2	1	2	2	4	1
404	4	1	1	2	2	2	1
405	3	1	1	2	2	1	1
501	3	1	1	2	2	3	1
502	2	1	1	1	1	2	1
503	4	2	1	2	2	4	2
504	2	-	1	2	2	2	
505	3	1	1	2	2	2	
601	3	2	1	2	2	3	1
602	3	2	1	1	1	2	1
603	3	1	1	2	2	3	1
604	2	-	1	2	2	2	
605	3	1	1	2	2	2	1
701	4	2	1	2	2	4	1
702	3	-	1	1	1	2	
703	4	2	1	2	2	3	1
704	3	1	1	2	2	3	1
705	2	1	1	2	2	2	1
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>	<b>96</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>77</b>	<b>26</b>

Tabla 6, ficha técnica edificio avanti, datos sobre cantidades, producción propia. 2018

FICHA TECNICA							
NOMBRE:	EDIFICIO AVANTI						
DIRECCIÓN:	CALLE 149 No. 45 - 63						
ESTRATO:	CUATRO (04)						
CANTIDAD APARTAMENTOS	TRENTA Y SEIS (36)						
APARTAMENTO	CANTIDAD DE HABITANTES	CANTIDAD DE VEHICULOS	CANTIDAD COCINAS	CANTIDAD DE SANTARIOS	CANTIDAD DE DUCHAS	VECES AL DIA QUE SALEN LOS HABITANTES	VECES AL DIA QUE SALE EL VEHICULO
201	3	2	1	2	2	3	1
202	2	1	1	1	1	1	1
203	3	-	1	2	2	2	
204	2	1	1	1	1	1	1
205	1	2	1	1	1	1	1
206	1	1	1	1	1	1	1
301	2	2	1	2	2	1	1
302	1	-	1	1	1	1	
303	1	1	1	2	2	1	1
304	2	1	1	1	1	1	1
305	2	1	1	1	1	2	1
306	3	2	1	1	1	3	1
401	3	3	1	2	2	1	2
402	1	-	1	1	1	-	
403	1	1	1	2	2	1	1
404	3	-	1	1	1	3	
405	2	2	1	1	1	1	1
406	1	1	1	1	1	1	1
501	2	2	1	2	2	2	2
502	1	-	1	1	1	1	
503	3	1	1	2	2	3	1
504	2	1	1	1	1	1	1
505	2	1	1	1	1	2	1
506	2	-	1	1	1	2	
601	3	2	1	2	2	2	1
602	2	-	1	1	1	1	
603	1	1	1	2	2	1	1
604	2	1	1	1	1	2	1
605	3	2	1	1	1	2	2
606	2	1	1	1	1	1	1
701	3	2	1	2	2	3	1
702	2	1	1	1	1	2	1
703	2	2	1	2	2	2	1
704	2	1	1	1	1	2	
705	3	1	1	1	1	3	
706	1	1	1	1	1	1	1
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>	<b>72</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>58</b>	<b>30</b>

Tabla 7, ficha técnica edificio romani, datos sobre cantidades, producción propia. 2018

FICHA TECNICA							
NOMBRE:	EDIFICIO ROMANI						
DIRECCIÓN:	CALLE 134 No. 10 A - 80						
ESTRATO:	CUATRO (04)						
CANTIDAD APARTAMENTOS	TRENTA (30)						
APARTAMENTO	CANTIDAD DE HABITANTES	CANTIDAD DE VEHICULOS	CANTIDAD COCINAS	CANTIDAD DE SANITARIOS	CANTIDAD DE DUCHAS	VECES AL DIA QUE SALEN LOS HABITANTES	VECES AL DIA QUE SALE EL VEHICULO
201	3	2	1	3	3	3	2
202	2	1	1	2	2	1	1
203	3	2	1	2	2	2	1
204	2	1	1	2	2	1	1
205	3	-	1	3	3	2	
301	4	2	1	3	3	4	1
302	3	2	1	2	2	2	1
303	2	2	1	2	2	2	2
304	3	-	1	2	2	2	
305	2	1	1	3	3	2	1
401	3	2	1	3	3	3	1
402	2	1	1	2	2	2	1
403	2	1	1	2	2	2	1
404	4	-	1	2	2	3	
405	2	1	1	3	3	1	1
501	3	2	1	3	3	2	1
502	4	-	1	2	2	4	
503	2	2	1	2	2	1	1
504	2	1	1	2	2	1	1
505	3	2	1	3	3	2	1
601	4	2	1	3	3	3	1
602	3	2	1	2	2	3	1
603	2	-	1	2	2	2	
604	2	1	1	2	2	2	1
605	3	2	1	3	3	3	1
701	4	2	1	3	3	4	2
702	3	1	1	2	2	2	1
703	4	2	1	2	2	2	1
704	3	1	1	2	2	3	1
705	2	2	1	3	3	1	1
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>	<b>84</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>28</b>

Tabla 8, Resumen promedio, edificios caso de estudio, producción propia. 2018

	CANTIDAD DE HABITANTES	CANTIDAD DE VEHICULOS	CANTIDAD COCINAS	CANTIDAD DE SANITARIOS	CANTIDAD DE DUCHAS	VECES AL DIA QUE SALEN LOS HABITANTES	VECES AL DIA QUE SALE EL VEHICULO
<b>PROMEDIO CASOS DE ESTUDIO</b>	<b>84</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>67</b>	<b>28</b>

Con esta información se generó la siguiente tabla resumen; la cual es el punto de partida para la aplicación de cualquiera de los tres sistemas y tecnologías que se vienen aplicando en esta investigación: Energía por medio de Biodigestores, Energía con Sensores Piezoeléctricos y Energía producida por Turbinas hidráulicas.

Tabla 9, Resumen información general y promedios, edificios casos de estudio, producción propia 2018.

EDIFICIO SUNTEC		EDIFICIO AVANTI	
Pisos	7	Pisos	7
Estrato	4	Estrato	4
Apartamentos	30	Apartamentos	36
Cantidad de Habitantes	96	Cantidad de Habitantes	72
Cantidad de Sanitarios	54	Cantidad de Sanitarios	48
Descarga de sanitarios litros	308	Descarga de sanitarios litros	274
Cantidad de Cocinas	30	Cantidad de Cocinas	36
Cantidad de Duchas	54	Cantidad de Duchas	48
Rango edad habitante	38	Rango edad habitante	38
Cantidad vehiculos	36	Cantidad vehiculos	41
Vehículos salen diariamente	26	Vehículos salen diariamente	30
Personas salen diariamente	77	Personas salen diariamente	58

EDIFICIO ROMANI		PROMEDIO
Pisos	7	7
Estrato	4	4
Apartamentos	30	32
Cantidad de Habitantes	84	84
Cantidad de Sanitarios	72	58
Descarga de sanitarios litros	410	331
Cantidad de Cocinas	30	32
Cantidad de Duchas	72	58
Rango edad habitante	42	39
Cantidad vehiculos	40	39
Vehículos salen diariamente	28	28
Personas salen diariamente	67	67

Teniendo en cuenta el alcance de esta investigación sobre la producción de energía eléctrica dentro de una vivienda multifamiliar, podemos orientar esta información sobre la carga que emplea la edificación para verificar cuál de los sistemas (Biodigestor, Cinética o Turbinas) suple en mayor medida la demanda energética.

Igualmente, la aplicación y distribución de esta carga estará comparada con el gasto y valor a nivel de áreas comunes, ya que sobre estas áreas se estarán aplicando los posibles sistemas de producción de energía, los sistemas se tienen que acoplar a lo existente en el edificio y deberán aportar soluciones viables y prácticas para su aplicación.

Tabla 10, promedio consumo energía mensual kw/h, edificios caso de estudio, producción propia, 2018

<b>FICHA TECNICA</b>						
<b>NOMBRE EDIFICIO:</b>			<b>SUNTEC</b>	<b>AVANTI</b>	<b>ROMANI</b>	
<b>CANTIDAD APARTAMENTOS</b>			<b>30</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	
	<b>Consumo Electricidad Mensual M3</b>	<b>Valor Kwh</b>	<b>Valor</b>	<b>Impuestos</b>	<b>Valor</b>	
<b>Areas comunes</b>	437	438	191.362	38.273	229.635	<b>SUNTEC</b>
<b>Areas comunes</b>	507	438	222.066	38.273	260.339	<b>AVANTI</b>
<b>Areas comunes</b>	604	438	264.552	38.273	302.825	<b>ROMANI</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>516</b>	<b>438</b>	<b>226.008</b>	<b>38.273</b>	<b>264.281</b>	<b>EDIFICIOS CASO ESTUDIO</b>

## Ahora comunicarnos es más fácil

Ponemos a tu alcance [radicacionescodensa@enel.com](mailto:radicacionescodensa@enel.com) para que hagas tus peticiones, quejas y reclamos de forma sencilla, rápida y segura.\*

\* Si tu trámite requiere un medio documental, debes acompañarlo con el formulario de gestión de servicios.

SERVICIO AL CLIENTE	EMERGENCIAS	DEMUJIAS	DEFENSOR DEL CLIENTE
7 115 115	115	5 894 894	defensor@enel.com
<a href="http://www.codensa.com.co">www.codensa.com.co</a>	App Móvil Codensa	Facebook: <a href="https://www.facebook.com/codensaenergía">codensaenergía</a>	Twitter: <a href="https://twitter.com/CodensaEnergia">@CodensaEnergia</a>

**PUEDES PAGAR TU FACTURA DE ENERGÍA EN:**

**MEDIOS ELECTRÓNICOS:**

- INTERNET: Banco de Occidente, Banco de Bogotá, Banco Popular, Banco Av Villas, BBVA\*, Davivienda\*, Bancolombia\*, GNB Santander, Cajamar, BNP Paribas Colombia, Monex del Sur, Andeanet (Sociedad Bancaria), Banco Caja Social\*, Citibanamex\* y Banco Fatafelita\*.
- Cargos automáticos
- Teléfono
- Banca móvil
- Débito automático
- Débito automático con tarjetas de crédito
- Cuentas de remuneración
- Punto Pago Redeban Multicorredor

**BANCOS**

- Todo público: Banco GNB Santander\* y Banco Pichincha\*
- Solo clientes: Banco Citibank, BNP Colombia Colombia y Centros de pago Banco de Bogotá.

**ALMACENES DE CADENA**

- Exito, Carulla, Sursumas, Colsubsidio, Olímpica\*, Jumbo y Metro.

**OTROS PUNTOS DE PAGO**

- Red especial: SuperCADES\*, RepICADES\*, CADES\*, centros especializados de pago\* (CEP) y centros de servicio Codensa\*\*.
- Otros redes: MovilRed, Red Carca, Puntorred, Via Rápida\*, Paga Todo\*, Bancolombia al llamado\*, Correspondientes Banco Popular, Carvajal y Full Carga.

\* Puntos de pago donde se reciben facturas vencidas. \*\* Excepto Centro de Servicio Chapinero y Calle 80.

[Ingresa a medios electronicos.micodensa.com](http://medios electronicos.micodensa.com)

¡ IMPORTANTE: En cumplimiento de la resolución CREG 038 de 2014, la cual modificó el Código de Madrid, se establecieron obligaciones, actividades y responsabilidades asignadas a CODESA S.A. ESP, y sus usuarios. Para obtener mayor información, lo invitamos a consultarlas en nuestra página web [www.codensa.com.co](http://www.codensa.com.co) o comunicarse a la línea 7 115 115 o fuera de Bogotá con el 01 8000 812 115 o con el 5 115 115, o en nuestros Centros de Servicio al Cliente.

**codensa**

Grupo Enel  
CODENSA S.A. ESP. NIT.: 830.037.248-0  
Cra. 13A No. 93-66

PARA PAGOS Y CONSULTAS TU NÚMERO DE CLIENTE ES: **0662208-0**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 47986212-4

**CLIENTE**

**ROBERTO WIESNER DURAN Y CIA**  
AC 134 NO 10 A - 80 PROV OBRA  
PROV OBRA  
BOGOTÁ, D.C.  
LISBOA

PAPEL ECOLÓGICO

PROCESO DE FACTURACIÓN RECIBIDO

**COMPORTAMIENTO CONSUMO**

PERIODO FACTURADO: 01 AGO 2017 A 31 AGO 2017    Valor kWh prom. 437.90    CONSUMO MES kWh 437

**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial

ESTRATO: 5

CARGA kW: 15

FACTOR: 1

RUTA LECTURA: 3000 6 05 610 0831

MANZANA DE LECTURA: MS00851321

MEDIDOR NO: 16273

**COMPONENTE TARIFARIO**

Componentes del costo: La tarifa final es de \$437.957 kWh

Q: 155.40

T: 28.10

D: 156.84

CV: 41.93

PR: 29.11

R: 25.48

CP: 0.00

**\$437.90 Costo kWh Mes**

**CALIDAD DEL SERVICIO**

TRIMESTRE: ABR - JUN  
CRO: \$1210.34

Consumo promedio de trimestre: 463.667 kWh

HORAS INTERRUMPIDAS

Ilustración 15. Recibo consumo energía, áreas comunes, edificio romani; 2017

**DETALLE DE CUENTA**

**COBRO DEL SERVICIO DE ENERGÍA**

$\frac{\text{CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA}}{\text{Lectura Actual}} - \frac{\text{Lectura Anterior}}{\text{Energía Facturada kWh}} \times \text{Valor Unitario kWh} = \text{Valor Facturado}$	<p><b>PAGO OPORTUNO</b> 12 SEP/2017</p> <p><b>FECHA DE SUSPENSIÓN</b> 18 SEP/2017</p> <p><b>TOTAL A PAGAR</b> \$229,640</p>																						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: right;"> <tr> <td>ENERGÍA</td> <td>79444</td> <td>79607</td> <td>437</td> <td>\$437.90</td> <td>\$191,363</td> </tr> <tr> <td>CONTRIBUCIÓN</td> <td colspan="3">APORTE DEL 20.00% DEL VALOR FACTURADO</td> <td></td> <td>\$38,273</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td><b>SUBTOTAL: \$229,636</b></td> </tr> </table> <p>ESTE MES LA ENERGÍA QUE DISFRUSTASTE, TE COSTÓ \$7,488 DIARIOS</p>	ENERGÍA	79444	79607	437	\$437.90	\$191,363	CONTRIBUCIÓN	APORTE DEL 20.00% DEL VALOR FACTURADO				\$38,273						<b>SUBTOTAL: \$229,636</b>	<p><b>OTROS COBROS ASOCIADOS A ENERGÍA</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: right;"> <tr> <td>AJUSTE A LA DECENA (DEBITO)</td> <td>\$4</td> </tr> <tr> <td><b>SUBTOTAL:</b></td> <td><b>\$4</b></td> </tr> </table>	AJUSTE A LA DECENA (DEBITO)	\$4	<b>SUBTOTAL:</b>	<b>\$4</b>
ENERGÍA	79444	79607	437	\$437.90	\$191,363																		
CONTRIBUCIÓN	APORTE DEL 20.00% DEL VALOR FACTURADO				\$38,273																		
					<b>SUBTOTAL: \$229,636</b>																		
AJUSTE A LA DECENA (DEBITO)	\$4																						
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>\$4</b>																						
<p><b>PROXIMA LECTURA</b> 02 OCT/2017    <b>PAGO OPORTUNO</b> 12 SEP/2017    <b>FECHA DE SUSPENSIÓN</b> 18 SEP/2017    <b>TOTAL A PAGAR</b> \$229,640</p> <p><small>Después de la fecha de PAGO OPORTUNO, se cobrarán intereses de mora hasta la fecha en que se haga el pago. Se suspenderá el servicio a partir de la fecha de suspensión, lo que genera cobro por concepto de reconexión.</small></p>																							

**Regresa el ahorro con la Iluminación LED Codensa**

Ponemos a tu alcance nuestro portafolio de bombillos LED para que ahorres en el consumo de iluminación hasta un 85%

• **Financiales** a través de tu factura de 1 a 6 cuotas al 0% de interés.

• **Mayor vida útil:** 15 veces más que los bombillos incandescentes.

• **Calidad certificada:** 5 años de garantía.

**Bombillos LED \$9.900\***

Adquiere los tuyos ingresando a [ahorroled.micodensa.com](http://ahorroled.micodensa.com)

NUMERO DE CUENTA **0662208-0**

9 de Servicios Públicos No. 47986212-4

Ilustración 16. Recibo consumo energía; áreas comunes; edificio romani, 2017

Con la información contenida en los recibos de consumo de energía eléctrica del Edificio Romaní, inmueble promedio dentro de los que están siendo evaluados, se puede establecer el punto de partida para confirmar la viabilidad económica en la implementación de cualquiera de los tres sistemas de generación de energía eléctrica dentro de una vivienda Multifamiliar en Bogotá, ya que de acuerdo al resultado en la producción podremos concluir si la energía producida cubrirá la demanda en las zonas comunes, o si se puede llegar a extender a otras zonas. Igualmente se podrá verificar el índice de las tasas de retorno, inversión a corto, mediano o largo plazo y establecer pautas en la ejecución y proyección de estos sistemas.

Los costos en construcción, compra y mantenimiento también se tendrán tabulados en esta investigación, pues de ellos depende que la inversión sea recuperable y productiva en el menor tiempo posible.

En el Sótano de las tres construcciones se diseñaron los tanques de agua potable y eyector, parqueaderos, depósitos, ascensor y rampa hacia el primer nivel.

En el siguiente plano se aprecia el diseño del sótano del edificio Avanti, donde aparecen los espacios anteriormente descritos en este capítulo:

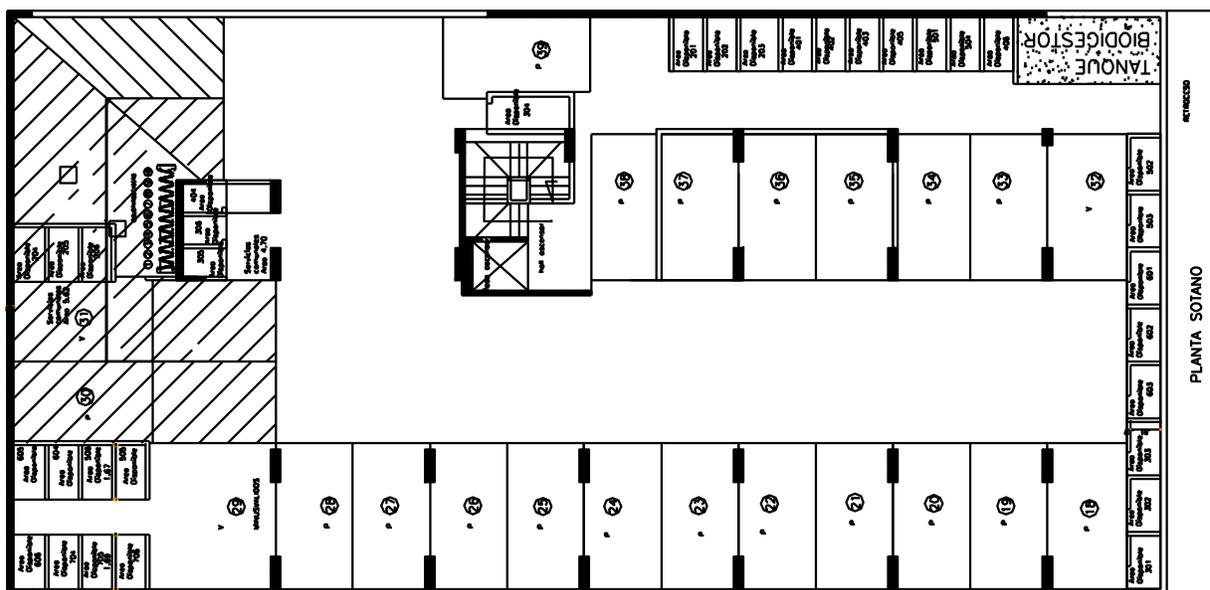


Ilustración 17, Planta sótano, edificio avanti, proyecto personal, 2008.

En el primer piso se estas construcciones se ubica el acceso vehicular y peatonal, parqueaderos, salón de eventos, shut de basuras, rampa, bodega o cuarto de administración, medidores de servicios públicos, portería, cocineta y baños y, aunque su diseño varia, ambos pisos contienen los mismos espacios con coherencia lógica entre las instalaciones hidráulicas, eléctricas, de gas y sanitarias.

En todos los pisos tipo de cada edificación se encuentran diseñados los apartamentos, áreas comunes, shut de basuras, ascensor y escaleras, de acuerdo a este diseño, se aprovechan los ductos, redes hidrosanitarias y demás elementos que puedan contribuir al correcto empalme con alguna de las tecnologías propuestas en esta investigación.

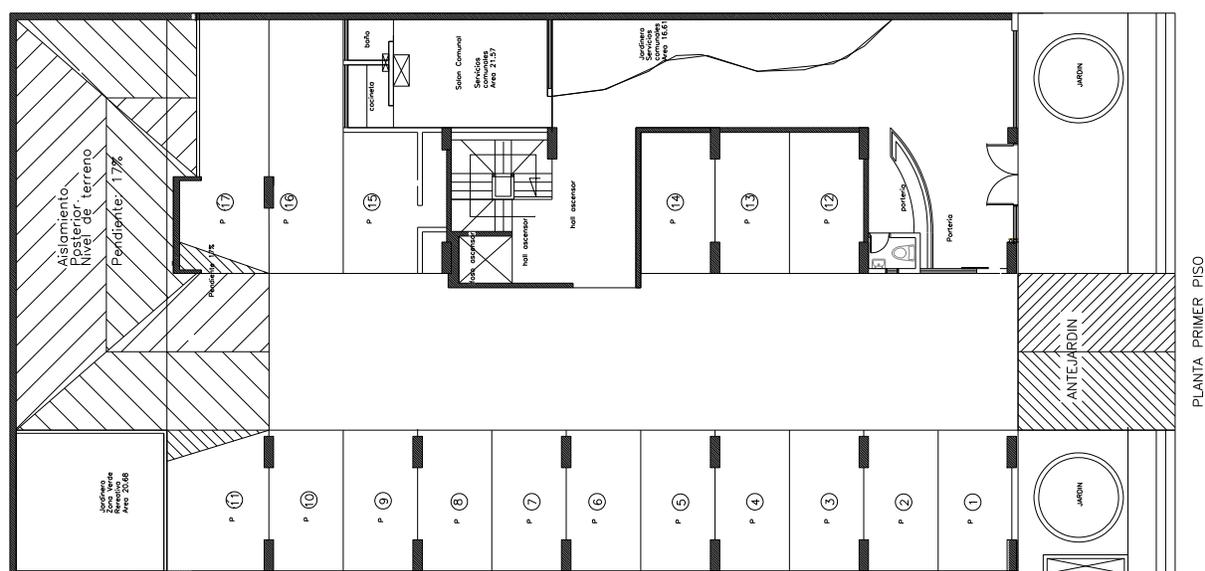


Ilustración 18, Planta primer piso, edificio avanti, proyecto personal, 2017.

Como punto importante de adaptación, cada sistema tecnológico de producción de energía eléctrica debe aprovechar el diseño establecido para no generar mayores costos y problemas en la re distribución de algún componente, por ende, hace que cualquiera de los sistemas sea eficiente y adaptativo.

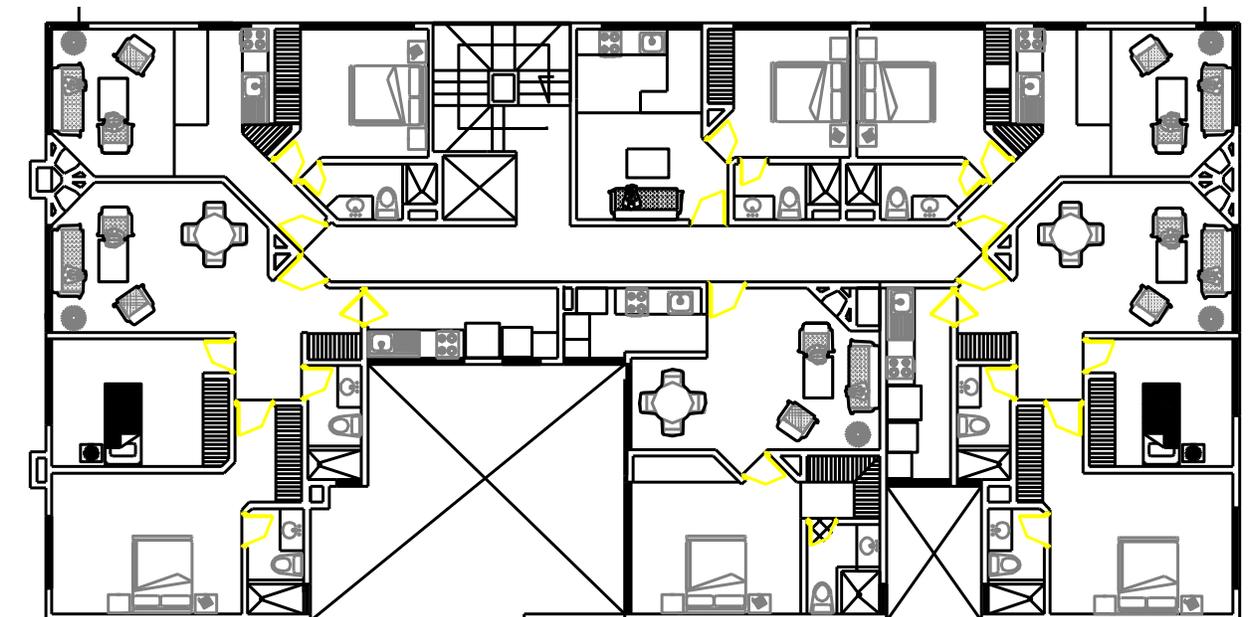


Ilustración 19, Planta piso tipo, edificio avanti, proyecto personal, 2018.

## 7. TERCERA FASE - IMPLEMENTACIÓN, RESULTADOS Y COSTOS

Con fundamento en la anterior investigación sobre las opciones de producción de energía eléctrica renovable que se puedan adaptar a una edificación urbana, se generó un filtro técnico aplicativo teniendo en cuenta las condiciones y características de los inmuebles objeto de estudio (Vivienda Multifamiliar en Bogotá). Se tuvieron en cuenta además de las características en altura, cantidad de personas, y servicios que tenía cada edificación, los requerimientos que se deben proveer a cada sistema de energía renovable para su correcto funcionamiento y es así como se pudieron validar o descartar algunas por las necesidades técnicas que conlleva su instalación y puesta en marcha.

De las variables investigadas, la energía solar se descartó para ser aplicada en el siguiente punto de aplicación de este documento, debido a los grandes y continuos avances existentes, a la masificación e industrialización que tienen en el momento; así mismo, la investigación pretende abordar otros campos desconocidos o no adaptados a la vivienda, buscando la interacción entre la tecnología existente y la Arquitectura, encontrando nuevas facetas adaptativas en estas áreas.

Del mismo modo, los avances tecnológicos con estos paneles fotovoltaicos se están presentando en la transparencia del producto, mayor rendimiento, resistencia y efectividad, adaptándose a cualquier elemento expuesto a la radiación como persianas, ventanas, fachadas, accesorios, incluso a nivel de peatones con maletas, cascos, etc. Razones por las cuales se buscaron otras medidas menos adelantadas tecnológicamente y de las cuales no existen estudios tan avanzados o aplicados a la vivienda.

Se concluyó, de manera detallada en el capítulo siguiente, que los Biodigestores, La Energía Cinética y Las Turbinas hidráulicas son sistemas potenciales y que en una escala manejable se pueden implementar dentro de una edificación. Los componentes que se tuvieron en cuenta para esta elección son basados en el tamaño, producción, efectividad, facilidad y aprovechamiento de la materia prima que genera la energía, la adaptación a los inmuebles caso de estudio, la relativa buena y aprovechable energía que producen desde parámetros sencillos y existentes en la edificación como el agua, desechos, basuras, etc. y la efectividad a largo plazo por temas de mantenimiento o repuestos y las pocas propuestas a nivel residencial urbano .

En relación con los sistemas Biodigestores, Sensores piezoeléctricos y Turbinas Hidráulicas; por su efectividad, instalación y aprovechamiento de los recursos que pueden encontrarse en los edificios analizados; se realizó, en el capítulo anterior, un breve acercamiento a los resultados eventuales dentro del contexto de estas edificaciones, y para verificar su

aplicabilidad, se generará un presupuesto que incluya todos los elementos para implementar los sistemas de energía alterna. Una ventaja en costos, por ejemplo, radica en el aprovechamiento de los recursos que tenemos en la vivienda, ya sea por movimiento, vibración, aguas negras, agua potable, etc. Los cuales sirven de punto de partida para aprovecharlos y adaptar los Sistemas Biodigestores, Sensores Piezoeléctricos y las Turbinas Hidráulicas. De esta viabilidad constructiva y operativa dependerá el retorno de la inversión y el éxito en la implementación.

Por lo tanto, en este capítulo se verificará el estado del Arte no solo para evidenciar los avances tecnológicos e investigación, sino en la aplicación directa desde su competencia en los resultados obtenidos del censo de los tres edificios objeto de estudio, para lo cual efectuaremos análisis en cada una de las tres propuestas concretas hasta este punto.

## 8. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN CON BIODIGESTORES

Los biodigestores de Salchicha, Taiwán, CIPAV o Biodigestores de Bajo Costo, se desarrollaron en varios países asiáticos y en Suramérica en países como Costa Rica, Cuba, Brasil y Colombia, su efectividad radica en que por ser considerados en países en vías de desarrollo, aun cuentan con grandes zonas para la agricultura no industrializada, con bajo desarrollo a nivel de cobertura energética y vial y con potencial humano dispuesto a buscar alternativas bioenergéticas; a nivel técnico, existe una gran ventaja en la economía para su instalación, su puesta en funcionamiento y mantenimiento, así como en la obtención de materiales vernáculos, prácticos y de fácil mantenimiento en su construcción. (<http://repositorio.sena.edu.co/sitios/biodigestor/pdf/el-biodigestor-capitulo2.pdf>);

Existen dos pasos para producir energía, inicialmente se deben manipular las heces de personas o animales dentro de un tanque llamado biodigestor, que mediante un proceso de fermentación genera Biogás y abono líquido para plantas; posteriormente con el Biogás se pueden dar múltiples usos, desde el empleo en las cocinas para cocción de alimentos, calentadores de agua e iluminación a base de Biogás, o como combustible para una planta generadora de energía, etc.

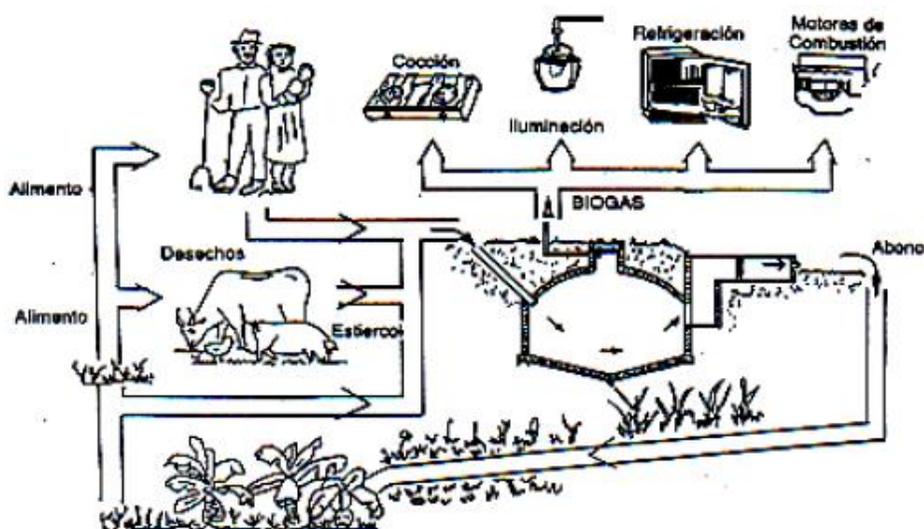


Ilustración 20, Reciclaje de desechos y usos del Biogás y Bioabono, <http://www.fao.org/>, 2006.

De acuerdo a la Nota Técnica No. IDB-TN-1260, del Banco Interamericano de Desarrollo, Generación de electricidad a partir de Biogás capturado de residuos sólidos urbanos; Un análisis teórico – práctico) Marzo 2017; la producción de energía por medio de este sistema sería de Cogeneración ya que requiere de otros equipos para llegar al resultado final de producción de energía eléctrica; por tal motivo se deben los establecer diferentes mecanismos que se pueden adaptar no solo a este sistemas de Biodigestor, sino a las condiciones físicas del edificio de vivienda multifamiliar; dentro de la Nota técnica se

hacen referencia a varios proyectos de mayor escala que producen Gas de Rellenos Sanitarios (GRS), a sus resultados, proceso constructivo y puesta en marcha, por tal motivo, para la implementación en este caso de estudio se basa en aprovechar los resultados obtenidos y aplicados a un contexto de menor escala.

A continuación se detalla la red de distribución interna para los apartamentos objeto de estudio:

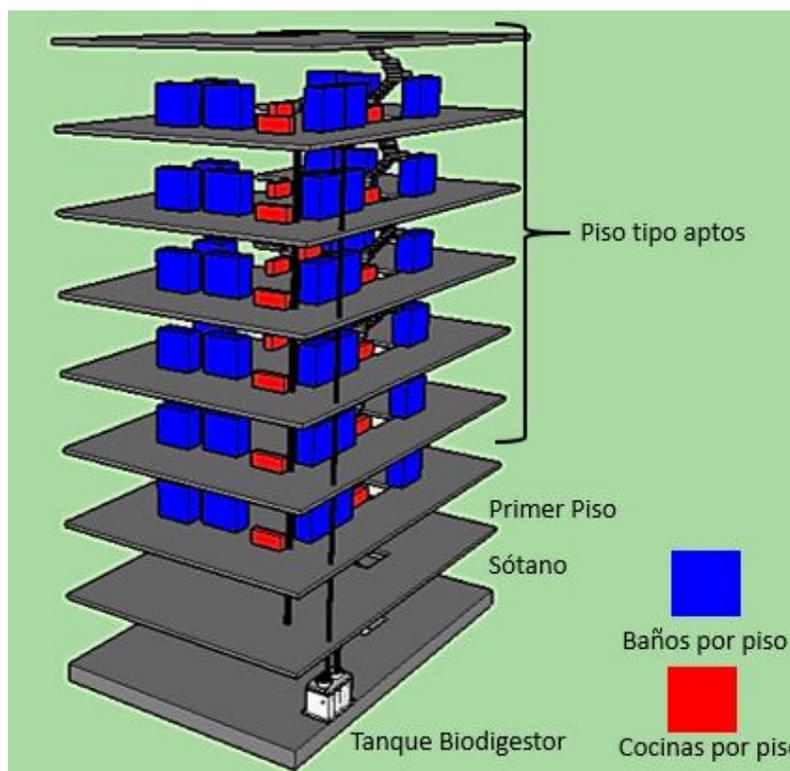


Ilustración 21, Esquema de agrupación de redes aguas negras, edificio caso estudio, 2018.

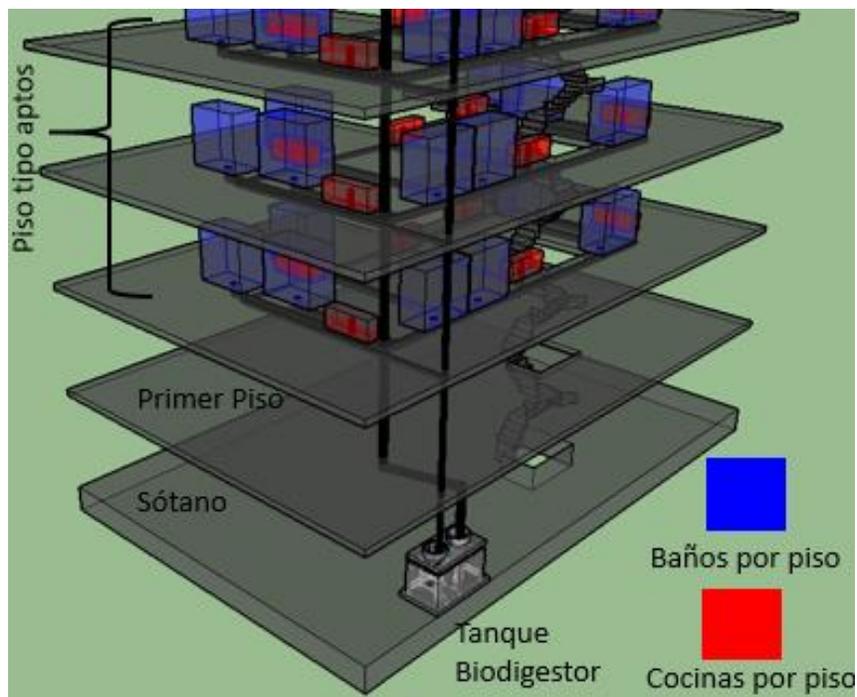


Ilustración 22, Detalle distribución redes aguas negras, edificio caso de estudio, 2018.

Para su aplicación técnica debemos tener en cuenta las siguientes características espaciales y de materia prima para su cálculo en términos de productividad: como regla general para generar una combustión constante en una cocina por 5 horas se requiere de 20 kilos de residuos fecales, así mismo, en climas como el altiplano, para que el reactor trabaje y produzca la fermentación anaerobia necesaria, requiere de un volumen 5 veces mayor de lo que se diseña para almacenar. (<http://repositorio.sena.edu.co/sitios/biodigestor/pdf/el-biodigestor-capitulo2.pdf>);

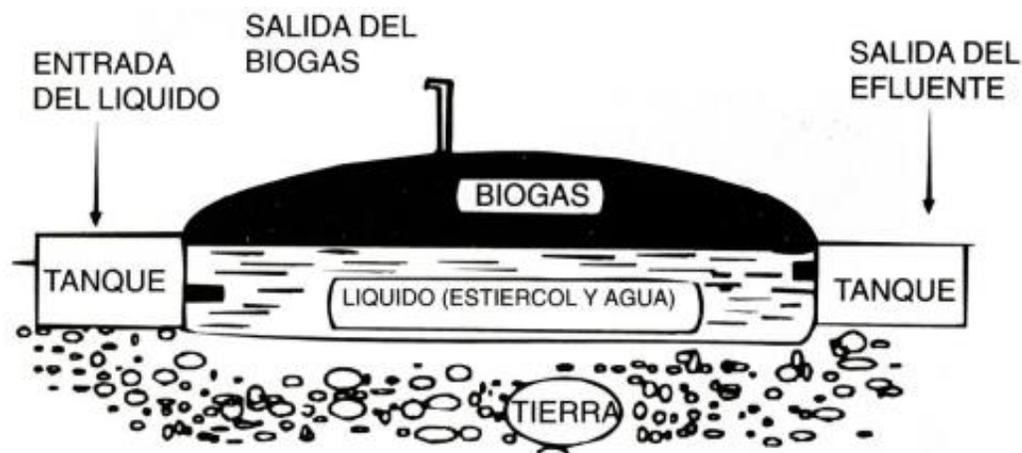


Ilustración 23, Biodigestor plástico familiar, Tipo Salchicha o Taiwán; servicio nacional de aprendizaje Sena, 2010.

De acuerdo a la Empresa Colombia PROMOENERGIA (Promotora Energías Renovables SAS), quien lleva a cabo proyectos de investigación y aplicación de nuevas fuentes de energía renovable a mediano y corto plazo, enmarca el modelo de crecimiento en las energías renovables por la innovación, tecnología, protección ambiental, compromiso social y calidad de vida, además por su bajo costo y rendimientos, de los cuales tiene los siguientes rendimientos: 1.5 cubetas de excremento diario, puede producir 1m<sup>3</sup> de biogás cada día. 1m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0.5 Kg de gas Domiciliario, y de acuerdo con el destino final de aplicación energética en promedio 2.2 kWh. Así mismo esa cantidad con una mezcla mínima de agua puede producir 100 litros de biofertilizante por día. Y finalmente enuncia que el periodo de retorno de inversión esta entre los 9 a 24 meses.

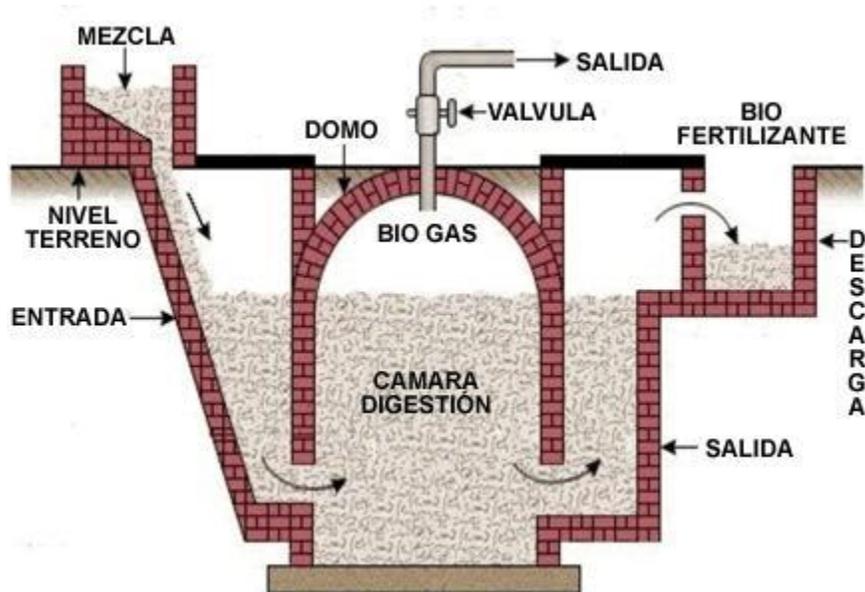


Ilustración 24, Proceso del tanque biodigestor para la creación de biogás, universo biodigestores, 2017.

Con estas medidas y una proyección de lo que puede suministrar un edificio multifamiliar, en desechos orgánicos y aguas negras podemos contemplar la capacidad necesaria del reactor; igualmente, se puede enterrar un tanque en la cimentación del edificio, que puede recibir todos estos componentes, generar el biogás y el fertilizante, sin afectar la estructura, fisionomía y dinámica propias de una edificación de este tipo; es importante verificar los diseños en las redes de gas para llevar desde el reactor a la o las cocinas que puedan llegar a tener la cobertura de este servicio.

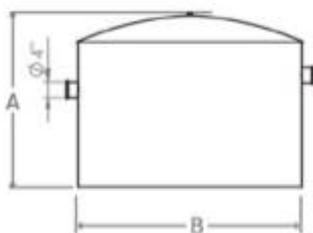
Debido a que la materia prima para los Biodigestores se obtiene del aprovechamiento de las aguas negras provenientes de los sanitarios, se pueden reutilizar las redes existentes en la edificación, tomando la primera caja de inspección que recoge las aguas negras y encausándola hasta el tanque Biodigestor. Es necesario también generar un rebose para cuando los materiales sobrepasen el nivel de trabajo del biodigestor, con lo cual también

se empleará una de las cajas de inspección que por norma se deben dejar en las acometidas de aguas negras; para la implementación del tanque se consideran los siguientes requisitos en construcción y diseño arquitectónico y estructural:

- Tanque en fibra de vidrio, Redes de gas desde el Tanque Biodigestor hasta las salidas de Biogás de las cocinas, Accesorios, etc.

Sin embargo y como resultado de la investigación se pudieron detectar varias opciones para aprovechar el sistema de Biodigestor: el Biogás y a su vez este último para cocinas, para generar iluminación y como combustible para poner en marcha una planta de energía.

#### Medidas Biodigestor vertical:



#### Capacidades y medidas

Capacidad nominal (Litros)	Medida (cm).	
	A	B
2.000	127	164
4.000	217	164
6.000	306	164

Capacidades y medidas aproximadas



Imagen ilustrativa

Ilustración 25. Tanque biodigestor; <http://www.rotoplast.com.co/biodigestor/>; 2019

Como punto de partida para el aprovechamiento de la fermentación de las aguas negras de la edificación, ha de considerarse que se inicia el proceso en el tanque Biodigestor, construido en fibra de vidrio y que se instalará en una zona del parqueadero del sótano, el cual debe tener ventilación, hasta allí deben llegar todas las tuberías que transportan estos fluidos, el primer parámetro de aprovechamiento es utilizar el Biogás para las cocinas existentes.

Los parámetros necesarios para la Biodigestión son:

Ph (Como nivel de alcalinidad y acidez) alrededor de 7; Temperatura estable entre los 20°C y 60°C; Gran nivel de humedad; Ausencia de oxígeno y Materia orgánica constante.

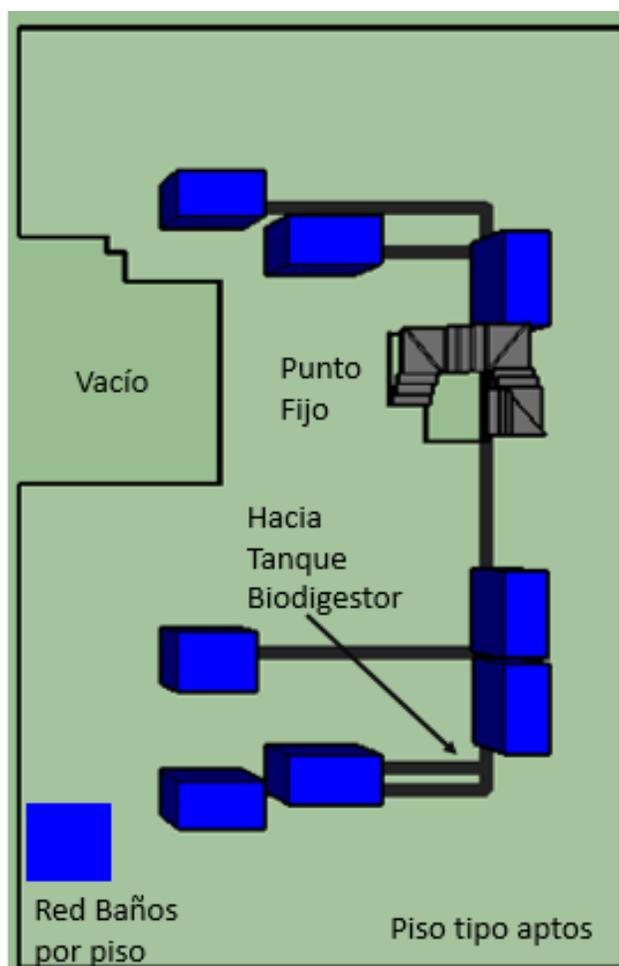


Ilustración 26, Esquema recolección horizontalmente aguas negras; Edificio estudio; proyecto personal 2018

La factibilidad económica a partir de este sistema, dentro de los parámetros generales, establece como fundamentación la vida útil del proyecto en 20 años, con un mantenimiento anual de lavado

y retiro de material, así como la verificación de válvulas, cierres de paso y estabilidad del Biodigestor.

Tabla 11. Composición química del Biogas; Botero & Preston, 1986

Componente		Composición aproximada [%]
Metano	CH <sub>4</sub>	60 - 70
Gas Carbónico	CO <sub>2</sub>	30 - 40
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	1.0
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0.1
Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> S	0.1

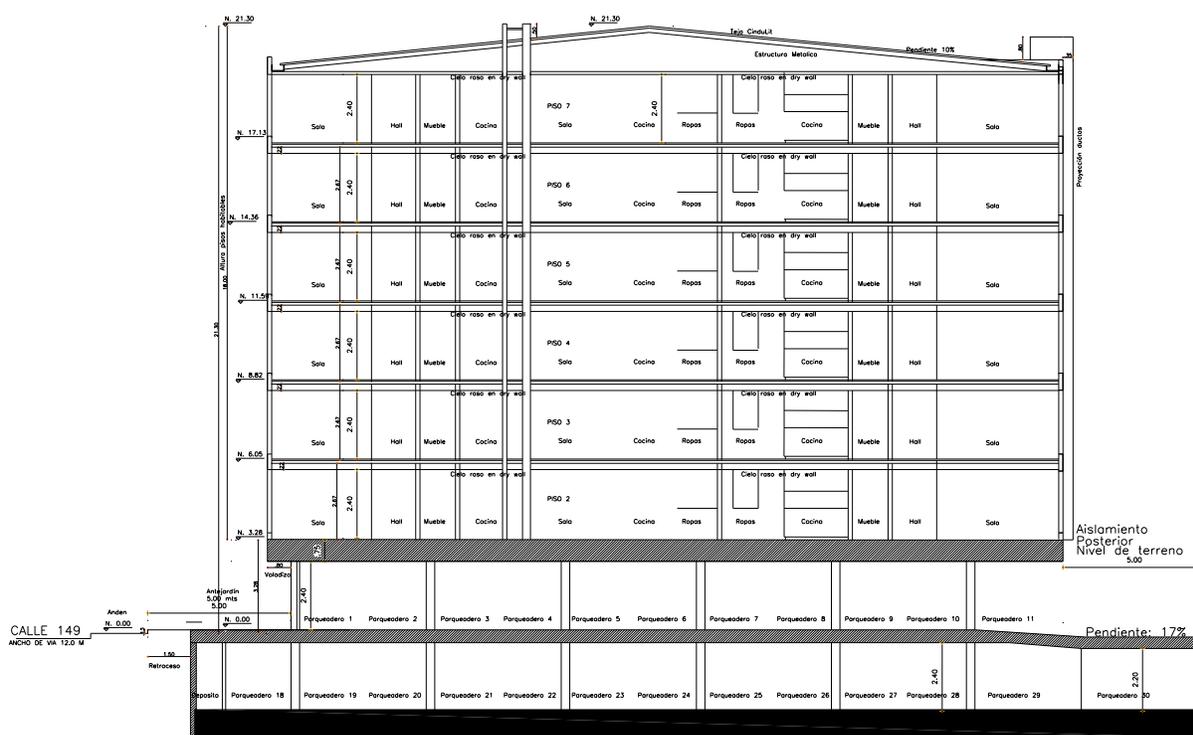
Uno de los proyectos más recientes que logró conjugar la participación ciudadana y la tecnología para producir energía fue realizado en Santander de Quilichao, Cauca (Colombia); el cuál según Luis Alberto Condines, representante del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en Colombia IICA, generó en 2015 el beneficio eléctrico con la generación de Biogás, electricidad y fertilizantes para una comunidad de Indígenas Nassa (60 familias, 11 parcelas y 9 centros educativos). Aunque el proyecto puede catalogarse dentro de una mediana escala, ya que construyó 21 Biodigestores y la recolección de todos los residuos de esta comunidad, se aplicó y entendió la importancia de este tipo de proyectos, demostrando su viabilidad y perspectiva sostenible e innovadora, de acuerdo a Mauricio Mira, director de Crecimiento Verde del Ministerio de Medio Ambiente.

La ubicación de los biodigestores debe tener en cuenta parámetros constructivos y estructurales muy precisos, ya que se debe valorar su peso, movimiento, vibración, así como la ventilación, disposición, mantenimiento y extracción de fluidos y desechos, y la conexión directa con los diferentes gasodomésticos.

En la investigación se encontraron tres sistemas de utilización de los tanques Biodigestores:

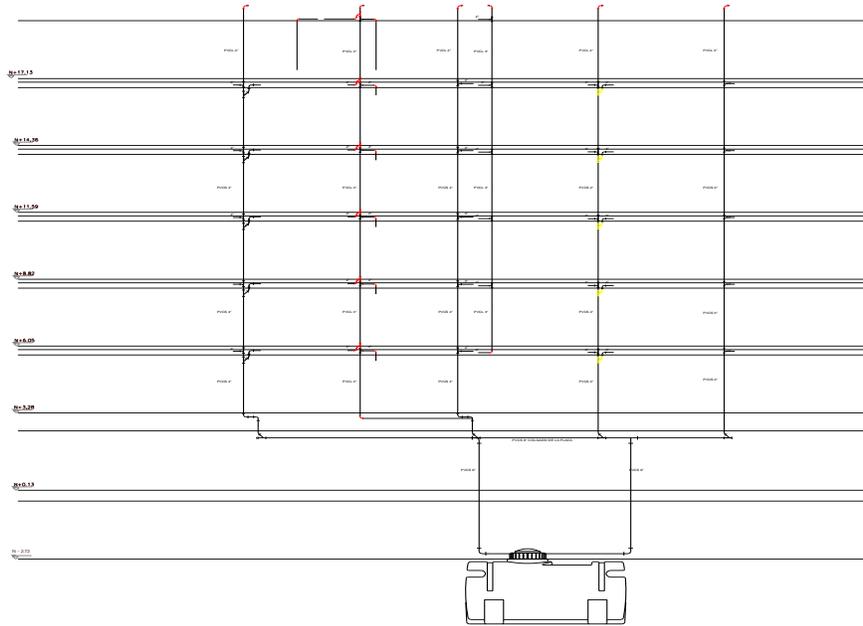
- Para ser empleado el Biogás en las cocinas para la cocción de alimentos
- Para iluminación con lámparas a Gas
- Para encender una planta eléctrica por medio del Biogás.

Su efectividad y retorno de la inversión realizada se verá representado dentro de las actividades y demanda energética de una construcción multifamiliar de la siguiente manera:



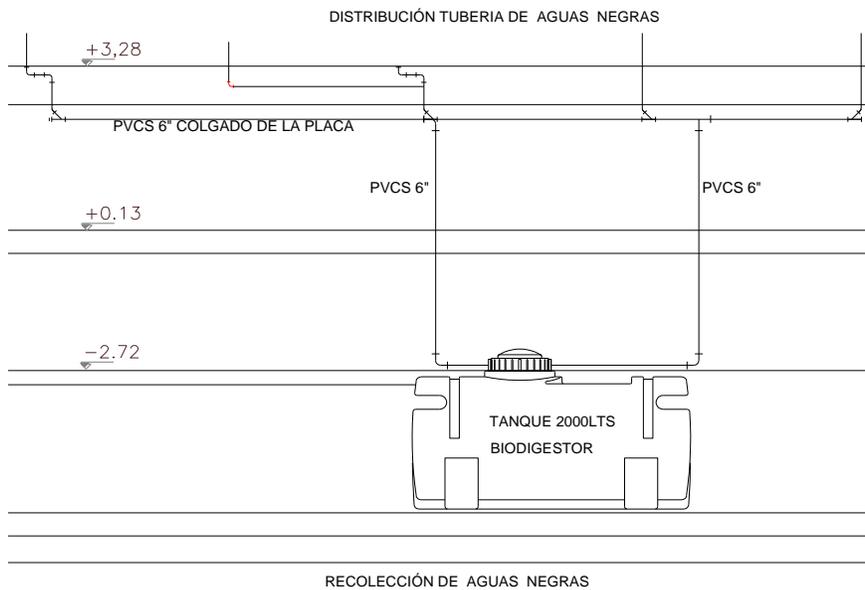
## RECOLECCIÓN DE AGUAS NEGRAS

Ilustración 27, Esquema Recolección Aguas Negras, Edificio Caso de Estudio, Proyecto propio, 2018.



RECOLECCIÓN DE AGUAS NEGRAS

Ilustración 28, Distribución Tubería recolección Aguas Negras, Edificio caso de estudio, proyecto propio, 2018



RECOLECCIÓN DE AGUAS NEGRAS

Ilustración 29, Detalle ingreso aguas negras, tanque Biodigestor, proyecto propio, 2018.

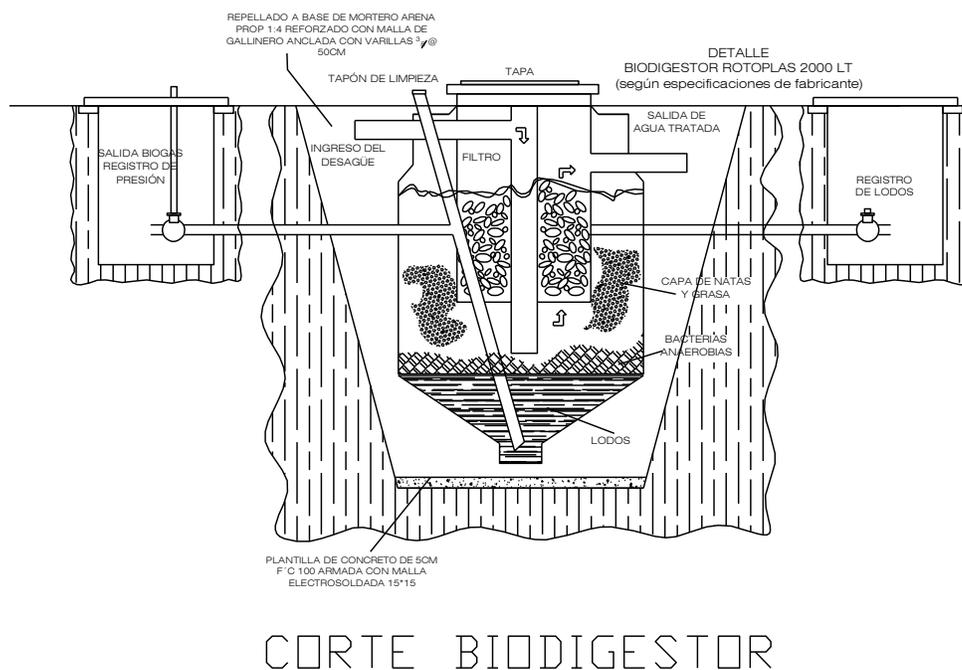


Ilustración 30, Corte Típico biodigestor dentro de parqueadero, Proyecto psipio, 2018

## 8.1 APLICACIÓN EN COCINAS.

De acuerdo con un reporte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, (<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-580610,1997>), una sola persona descarga el sanitario algo más de dos veces, y con todas las actividades sanitarias consume en promedio 38 litros de agua al día, estos residuos son los que servirán de materia prima para el Biodigestor, ya que de acuerdo a la siguiente tabla, en promedio en el sanitario se descargan 331 litros de residuos fecales por día en un edificio de los sometidos a estudio, esto es un total de 330 Kilos diarios.

Tabla 12, Consumo sanitarios y cocinas; aplicado a los edificios de estudio, producción propia, 2017

EDIFICIO SUNTEC		EDIFICIO AVANTI	
Cantidad de Sanitarios (Consumo promedio de agua 3,8 litros por descarga por 1,5 descargas al día)	54	Cantidad de Sanitarios (Consumo promedio de agua 3,8 litros por descarga)	48
Descarga diaria sanitarios litros con residuos solidos	308	Descarga diaria sanitarios litros con residuos solidos	274
Cantidad de Cocinas	30	Cantidad de Cocinas	36

EDIFICIO ROMANI		PROMEDIO	
Cantidad de Sanitarios (Consumo promedio de agua 3,8 litros por descarga)	72	58	Sanitarios
Descarga diaria sanitarios litros con residuos solidos	410	331	Litros
Cantidad de Cocinas	30	32	Cocinas

En el proceso de filtrado y separación del agua de los desechos sólidos contamos con un 30% exclusivos para generar el Biogás, por lo tanto, se generan 99 kilos de residuos fecales; (<http://repositorio.sena.edu.co/sitios/biodigestor/pdf/el-biodigestor-capitulo2.pdf>).

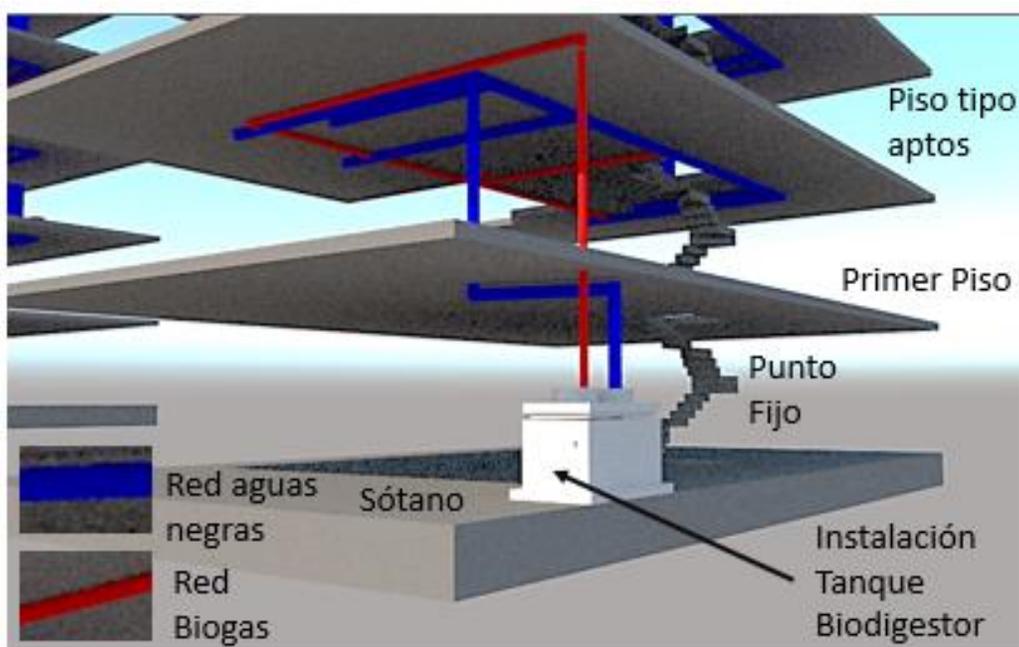


Ilustración 31, Esquema recolección hasta tanque biodigestor aguas negras; edificio caso estudio, proyecto personal; 2017

Con este producto y después del proceso de fermentación podemos contar con 1,2 horas, de suministro constante de Biogás para cada cocina, teniendo en cuenta que solo el 65% de la población estudiada cocina en cada apartamento, este tiempo promedio por cocina permite cubrir las necesidades en cocción de alimentos, tiempo que beneficia a las actividades propias del edificio.

Tabla 13, cantidad de desechos para producción de biogas, edificios caso de estudio, producción propia, 2018

Cantidad Promedio de Sanitarios	58	Litros
Descarga Sanitarios promedio	331	Litros
Peso descarga sanitarios	330	Kilos
Filtrado (Agua 70%; Residuos Fecales 30%)	99	Kilos
<b>Rendimiento en un día</b>		
20 Kilos para 5 horas gas	24,8	Horas
Cantidad de Cocinas promedio que cocinan en cada apto 65%	20,8	Cocinas
Cantidad de horas diarias por cocina	1,2	Horas

Una persona en promedio consume cuatro (04) metros cúbicos de gas natural en el mes, (Informe Empresas públicas de Medellín, EPM, 2016); teniendo en cuenta nuestro censo para los edificios estudio, donde tenemos en promedio 84 habitantes; tenemos un consumo de 336 metros cúbicos mensuales; sin embargo (de acuerdo al estudio de La Empresa Eléctrica de Bahía Honda, Pinar del Rio, Cuba, 2015); el proceso del residuos fecales de humanos o animales como Cerdos, Caballos y Bueyes, requiere de 3 kg de agua por kilo de estiércol, 20 a 26 días en generar el biogás por el clima frio, con estos parámetros se concluye que por cada Kg de estiércol se produce 0,06 M3 de Biogás, por lo tanto con los 99 Kg e estiércol promedio producidos en los edificios caso de estudio se pueden lograr un 6 M3.

Estas cifras del estudio de La Empresa Eléctrica de Bahía Honda, Pinar del Rio, Cuba, 2015); del Centro Internacional de Agricultura Orgánica (Ciao), y del Instituto Centroamericano de

Investigación y Tecnología Industrial, Icaiti. Coinciden en apoyar la implementación de este sistema dentro de una vivienda multifamiliar

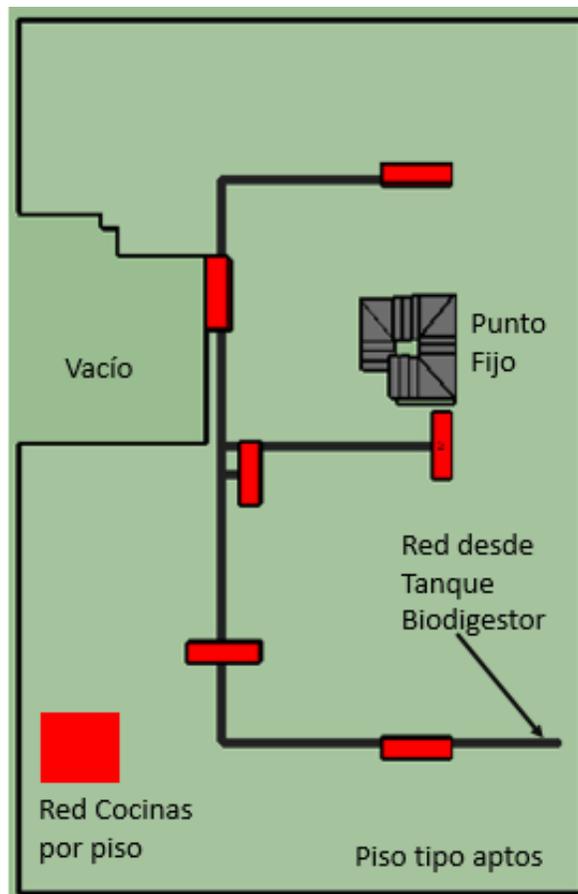


Ilustración 32, distribución red biogas para cocinas, edificio caso de estudio, proyecto personal, 2018

El líquido de fermentación se puede destinar como abono, y su venta generaría dinero extra que ayuda al mantenimiento del mismo reactor, su valor varía en la demanda que pueda tener esta sustancia, o eventualmente parte de este líquido se puede aprovechar en el mantenimiento de las zonas verdes, puede generar un ciclo de aprovechamiento para el mantenimiento de la jardinería.

Tabla 14, cálculo para Tamaño de tanque y producción final de biogás; Edificios caso de estudio, 2017.

<b>Tamaño de tanque</b>		
Cantidad por día de residuos fecales	331	Litros
Cantidad para el proceso de Fermentación Anaerobica	5	veces
<b>Tamaño del Tanque</b>	<b>2.000</b>	<b>Litros</b>

<b>Producción de Biogas</b>		
Cantidad de Biogas Por 1 Kg Estiercol	0,06	M3
Cantidad de Residuo Fecal para Fermentación por dia	99	kilos
<b>Cantidad de Biogas</b>	<b>6</b>	<b>M3</b>

El suministro se generará de manera constante durante 1,94 horas al día para cada una de las 32 cocinas de los edificios en estudio. Este suministro se dará después de 26 días de estar lleno el tanque de residuos fecales provenientes de todos los baños de la edificación y este gas se lleva directamente de la salida del tanque por medio de tubería convencional de cobre hasta las cocinas de cada apartamento.

Con este resultado verificamos que la utilización de un tanque Biodigestor para producir Biogás en una vivienda multifamiliar si es viable económica y funcional; todas las cocinas (20.8 promedio edificios caso de estudio); cuentan con una hora y veinte minutos disponibles al día para sus actividades en la preparación de alimentos, este ahorro se ve representado en la contribución al medio ambiente, y un retorno de la inversión en 8,3 meses; adicionalmente, si se contempla un segundo tanque de 6M3 se pueden plantear soluciones para abastecer calentadores de gas, calderas, etc.

Tabla 15, Retorno de la Inversión, Gas Cocinas, Producción propia, 2018.

<b>RESUMEN TANQUE BIODIGESTOR PARA GAS COCINAS</b>		
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN, Tabla No. 14</b>	<b>2.840.080</b>	<b>COP</b>
Cantidad de Cocinas promedio que cocinan en cada apto 65%	20,8	Cocinas
Cantidad de horas diarias por cocina	1,2	Horas
Ahorro Mensual con Tanque Biodigestor	342.360	COP
Retorno de la Inversión (meses)	<b>8,30</b>	<b>Meses</b>

Con el proceso de fermentación de los residuos sólidos provenientes de los sanitarios de todo el edificio, se logran, 6 M3 diarios de Biogás (Ver Tabla No.11), con lo cual tenemos suministro para 1,93 horas continuas para las cocinas, en calentadores de paso y estufas, el costo para darle esta destinación en cocinas se consagra en la siguiente tabla:

Tabla 16, Presupuesto, implementación tanque biodigestor, edificios caso de estudio, proyecto personal, 2018.

<b>TANQUE BIODIGESTOR PARA GAS COCINAS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Excavación manual para tanque (sótano de la edificación) incluye instalación	1,0	GL	300.000	300.000
Tanque Fibra de Vidrio 2.200 litros (Con conexión de llenado, salida, drenaje de lavado y salida de rebose hacia caja de inspección aguas negras) Dim. 1,80 X 1,10 mts	1	UN	1.650.000	1.650.000
Tubería gas (adaptar la conexión a la existente de gas natural)	32	Aptos	27.815	890.080
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>				<b>2.840.080</b>

Teniendo este valor del presupuesto para la implementación de Biogás para las cocinas, podemos establecer la rentabilidad a corto plazo en la implantación de esta tecnología, para ello se genera la siguiente tabla donde se resumen los consumos promedios mensuales de todos los apartamentos que integran los edificios relacionados para el estudio, incluyendo el valor de este consumo de acuerdo a las tarifas establecidas por la Empresa Gas Natural para consumos residenciales de estrato 4.

Tabla 17, Consolidado consumo de gas mensual, edificios caso de estudio, 2017.

<b>FICHA TECNICA</b>								
NOMBRE EDIFICIO:			SUNTEC	AVANTI	ROMANI			
CANTIDAD APARTAMENTOS			30	36	30			
SUNTEC			AVANTI			ROMANI		
Apto	Consumo Gas Mensual M3	Valor	Apto	Consumo Gas Mensual M3	Valor	Apto	Consumo Gas Mensual M3	Valor
201	20	38.032	201	15	28.524	201	19	36.130
202	19	36.130	202	20	38.032	202	15	28.524
203	16	30.425	203	19	36.130	203	20	38.032
204	14	26.622	204	16	30.425	204	19	36.130
205	20	38.032	205	18	34.228	205	16	30.425
301	18	34.228	206	19	36.130	301	14	26.622
302	17	32.327	301	14	26.622	302	19	36.130
303	14	26.622	302	18	34.228	303	17	32.327
304	16	30.425	303	15	28.524	304	19	36.130
305	15	28.524	304	20	38.032	305	14	26.622
401	19	36.130	305	17	32.327	401	18	34.228
402	18	34.228	306	15	28.524	402	15	28.524
403	17	32.327	401	20	38.032	403	17	32.327
404	16	30.425	402	19	36.130	404	14	26.622
405	15	28.524	403	17	32.327	405	16	30.425
501	14	26.622	404	18	34.228	501	15	28.524
502	17	32.327	405	16	30.425	502	19	36.130
503	20	38.032	406	18	34.228	503	14	26.622
504	19	36.130	501	20	38.032	504	17	32.327
505	17	32.327	502	15	28.524	505	20	38.032
601	16	30.425	503	19	36.130	601	15	28.524
602	16	30.425	504	17	32.327	602	16	30.425
603	15	28.524	505	19	36.130	603	19	36.130
604	20	38.032	506	14	26.622	604	14	26.622
605	19	36.130	601	17	32.327	605	14	26.622
701	14	26.622	602	19	36.130	701	16	30.425
702	18	34.228	603	16	30.425	702	17	32.327
703	15	28.524	604	19	36.130	703	19	36.130
704	16	30.425	605	19	36.130	704	20	38.032
705	19	36.130	606	20	38.032	705	15	28.524
			701	18	34.228			
			702	20	38.032			
			703	18	34.228			
			704	17	32.327			
			705	20	38.032			
			706	18	34.228			
<b>TOTAL M3 / VALOR</b>	<b>509</b>	<b>967.904</b>		<b>639</b>	<b>1.215.110</b>		<b>502</b>	<b>954.594</b>

Tabla 18, Cuadro porcentaje ahorro y costo en las edificaciones caso estudio, 2017.

Gas Mensual Biodigestor 180 M3	35	342.360	Gas Mensual Biodigestor 180 M3	28	342.360	Gas Mensual Biodigestor 180 M3	36	342.360
	Porcentaje Ahorro	Ahorro mensual		Porcentaje Ahorro	Ahorro mensual		Porcentaje Ahorro	Ahorro mensual
SUNTEC			AVANTI			ROMANI		

Tabla 19, Cuadro resumen consumo, ahorro y costo mensual en las caso de estudio, 2017.

SUNTEC			AVANTI			ROMANI		
Promedio Consumo Gas Mensual M3	17	32.263	Promedio Consumo Gas Mensual M3	18	33.753	Promedio Consumo Gas Mensual M3	17	31.820
	M3	Valor		M3	Valor		M3	Valor

PROMEDIO EDIFICIOS		
Promedio Consumo Gas Mensual M3	17	32.612
	M3	Valor
Gas Mensual Biodigestor 180 M3	35%	342.360
	Porcentaje Ahorro	Ahorro mensual

### 8.1.1. RETORNO DE LA INVERSIÓN

El retorno de la inversión en se puede calcular teniendo en cuenta que los edificios objeto de este estudio consumen mensualmente en promedio 17 M3 de Gas con un valor de 1.902 pesos por M3; teniendo en cuenta la anterior tabla que contiene el presupuesto de instalación del tanque Biodigestor para suministro de Biogás para las cocinas se puede establecer que en 8,3 meses se recuperara el costo de instalación y se puede aprovechar esta tecnología en las actividades diarias en la cocina.

Tabla 20, Retorno de la inversión, tanque Biodigestor para Biogás en Cocinas.

TANQUE BIODIGESTOR PARA GAS COCINAS	
VALOR TOTAL INSTALACIÓN, Tabla No. 14	2.840.080
Ahorro Mensual con Tanque Biodigestor	342.360
Retorno de la Inversión (meses)	8,30

**Número de cuenta / Referencia de pago**  
Para pago por medios electrónicos o cualquier inquietud cita este número

**21781294**

**Factura No.** P176665956

**Fecha factura** 08Ago2017

**CONSTRUCTORA ISO CONSTRUCCIONES S.A**  
CL 149 45 63 503  
Municipio: BOGOTA Sector: SANTA HELENA  
Dirección Correspondencia: CL 149 45 63 503  
Lote: 4411 Ruta: 13001500370400

**Total a pagar** 36,130

**Pagar antes de** 22Ago2017

Recuerda que en el respaldo de la factura encuentras los puntos de pago autorizados.

**Atención: el costo de la reconexión por suspensión es de \$ 44.712**

**Sus consumos de gas en los últimos seis meses fueron**

Su consumo en M3 de gas equivale a 240.06 KWH y EL PRECIO UNITARIO DE KWH ES \$ 137.96 P. C. -45.406 M.M.M.3

Datos de medición			
No Medidor	DM TI-25-5 48572	Periodo facturación	Jul-2017 Ago-2017
Lectura anterior	2013	Tipo de lectura	REAL
Lectura actual	2143	Tipo de lectura	REAL
Consumo medido (m3)	34	Categoría	4
Fecha de lectura	05-Jul-2017	Uso	DOMESTICO
Fecha de lectura	04-Ago-2017	Tarifa	D1

Res. DREG 107113 COMPONENTE CUVRM1743.14(\$/m3) (Gr)754.84 Trm636.09 p3.20% Del 419.57 Fpcent.14 Cvr60.00 Cvr0.00 Componente Cufm 3006.00(\$/Factura) Dfne0.00 Cvr3006.00

Res. CREG127113Kp00.767k01.00Fp01.00Pa10.51Pm00.33Alura24777m13.8200

Fecha de suspensión por no pago oportuno de esta factura 23Ago2017

**Gas Natural, S.A. ESP**  
www.gasnaturalfenosa.com.co

Gas Natural Fenosa Colombia BOMF\_06  
Gas Natural Fenosa Colombia

**gasNatural fenosa**

Línea de atención al cliente  
Lunes a viernes de 7 a.m. a 8 p.m.  
y sábados de 7 a.m. a 1 p.m.  
**307 8121**  
Municipios celular  
018000 352 731 opción 4

Línea de urgencias, para reportar fugas y/o escapes las 24 horas  
**Fijo o móvil 164**  
Servicio 24/7/365

**Regístrate en nuestra Oficina Virtual y aproveche sus beneficios sin necesidad de desplazarse a los puntos de atención presencial.**

[www.gasnaturalfenosa.com.co/oficinavirtual](http://www.gasnaturalfenosa.com.co/oficinavirtual)

**Conceptos facturados**

DESCRIPCION	VALOR
CONSUMO GAS = 19 M3 X 1,743.140 PESOS/M	33,120
FUO	3,008
AJUSTE DECENA	4
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 36,130</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 36,130</b>

**Interna es tu responsabilidad y por Ley es obligatoria.**  
Realízalo dentro de los plazos establecidos y evita la suspensión del servicio.  
Infórmate en [www.gasnaturalfenosa.com.co](http://www.gasnaturalfenosa.com.co)

servicio de forma automática por parte de pago oportuno de un periodo de facturación y, cuando la empresa lo requiera, en caso de que se impida o obstruya el acceso al medidor o a la instalación interna y los artefactos de consumo. El cobro de la reconexión, lo apura al cliente.

**Gas Natural, S.A. ESP. NET 80497155**

No Cuenta, Referencia de pago	Factura No.
21781294	P176665956
Fecha factura	Total a pagar
08Ago2017	36,130

Si controla con cheque, debe definir ser de garantía y a nombre de Gas Natural, S.A. ESP. Véase información completa en web del operador.

Ilustración 33, Recibo gas natural, apartamento promedio, edificios caso de estudio, agosto 2017.

## 8.2. APLICACIÓN EN ILUMINACIÓN:

El Biodigestor suministra 6 M3 de Biogás después de los 24 a 26 días de su implementación, con este proceso obtenemos 6.000 litros constantes para ser llevado a través de tuberías a cada una de las 14 salidas de gas donde se instala una lámpara tipo Coleman que permite quemar este Biogás para generar iluminación.

La iluminación de zonas comunes, utilizando el Biogás resultante del proceso de fermentación de los tanques y de los residuos fecales producidos por los habitantes, es de fácil implementación ya que se encuentran en el mercado lámparas marca Coleman, que se adaptan a esta tecnología, usando el Biogás para generar en promedio de 40 a 50 vatios, en este caso para el consumo de 1 hora de una lámpara se requieren 100 litros de Biogás.

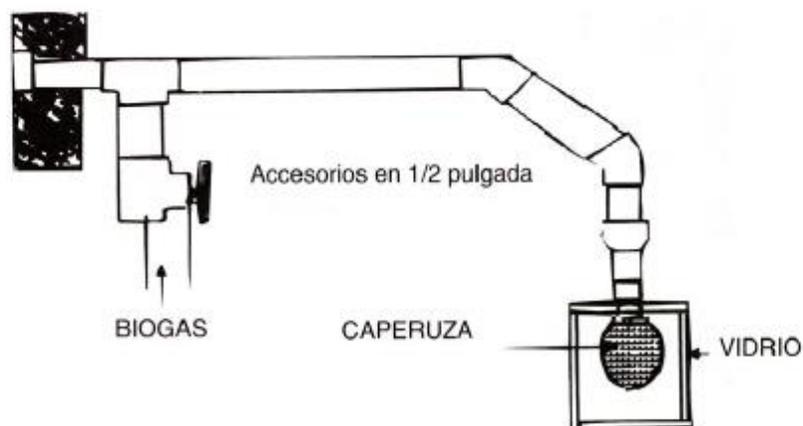


Ilustración 34, Conexión para lámparas de biogás Coleman, instituto centroamericano de investigación y tecnología industrial, icaiti. 2018.



Ilustración 35, Lámpara a base de biogas, Ref. Coleman, <http://www.mercadolibre.com.co/> 2019.

La alternativa en la utilización de esta tecnología es el aprovechamiento del Biogás en la iluminación de las zonas comunes de la construcción, un parámetro cuantitativo que se aplicó fue basado en la demanda que las lámparas comerciales requieren para iluminar amplios espacios. Dentro de esta cuantía se incluyeron las lámparas que iluminan los parqueaderos en sótano y primer piso en el Edificio Avanti, uno de las edificaciones en estudio, sin embargo, se pueden iluminar por más tiempo teniendo en cuenta que el Biogás se va produciendo constantemente dentro del tanque.

Las variables que se deben aplicar para la optimización de este sistema consisten en emplear luminarias, redes y equipos que se adapten fácilmente al Biogás, y que permitan aprovechar al máximo su consumo. La conexión y suministro del Biogás es constante debido al ingreso continuo del residuo fecal, su fermentación y la consecuente producción del gas.

Tabla 21, disponibilidad de biogas, para lámparas coleman, edificios caso de estudio, producción propia, 2019.

<b>Cantidad de Lámparas Coleman por Tanque</b>		
Tamaño de Tanque (producción diaria 6M3)	6.000	Litros
Consumo por lámpara por hora	100	Litros
Cantidad de lámparas para circulación vehicular (20W)	14	Litros
Horas máximas al día para el funcionamiento de las 14 lámparas	4,29	Horas

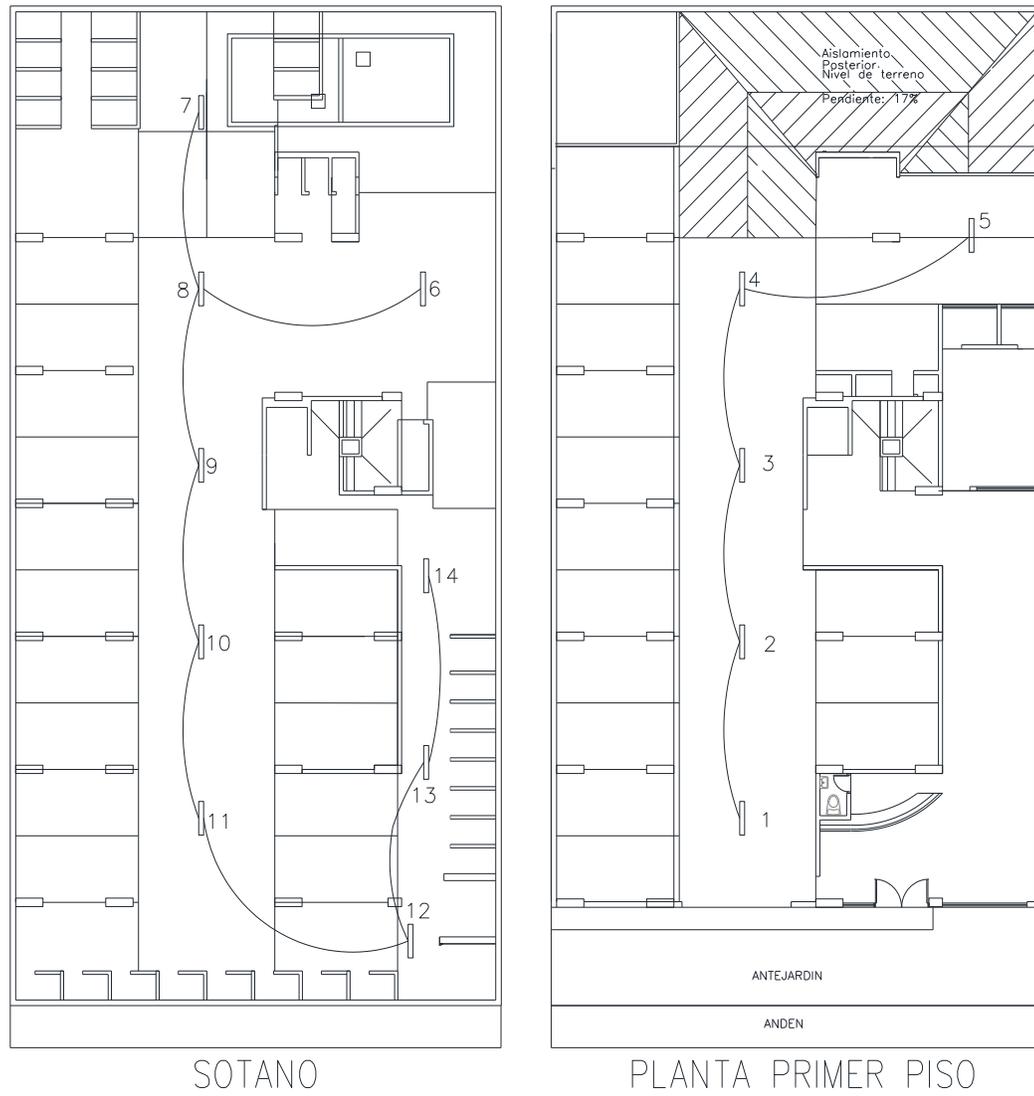


Ilustración 36, Localización lámparas biogas para el sótano y primer piso, proyecto personal, 2018

El presupuesto de la implementación de esta tecnología en iluminación incluye el desmonte de la red de iluminación y lámparas existentes, montaje del tanque y suministro e instalación de todas las redes de gas permitidas por norma hasta las lámparas Coleman que funcionan con el Biogás.

Tabla 22, Presupuesto implementación biodigestor, iluminación parqueaderos, producción propia, 2019.

<b>TANQUE BIODIGESTOR PARA ILUMINACIÓN</b>				
<b>DESCRIPCIÓN ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Excavación manual para tanque (sótano de la edificación) incluye instalación	1,0	GL	300.000	300.000
Tanque Fibra de Vidrio 2.200 litros (Con conexión de llenado, salida, drenaje de lavado y salida de rebose hacia caja de inspección aguas negras) Dim. 1,80 X 1,10 mts	1	UN	1.650.000	1.650.000
Tubería cobre 1/2" para gas (Red de Conexión desde el tanque hasta cada salida de iluminación), incluye accesorios y soportes	76	ML	18.946	1.434.402
Lámparas Coleman a base de BioGas (de acuerdo a la iluminación existente) 80 vatios	14	UN	114.900	1.608.600
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>				<b>4.993.002</b>

## 8.2.1. RETORNO DE LA INVERSIÓN

La acometida de esta tecnología, aunque resultó viable en términos de la completa cobertura en los puntos de iluminación necesarios para generar luz en los parqueaderos de los edificios propuestos (sótano y semisótano). No lo es para el retorno de la inversión.

Tabla 23, Retorno de la inversión, tanque biodigestor para iluminación parqueaderos, producción propia, 2018.

TANQUE BIODIGESTOR PARA ILUMINACIÓN		
VALOR TOTAL INSTALACIÓN	4.993.002	COP
Ahorro Mensual con Tanque Biodigestor (14 lámparas de 20W para iluminación en los parqueaderos) (280 watts/hora) (0,28Kw/h), (24 horas y 30 días)	202	Kw/h
Valor del Kilowatio hora	512	COP
Valor ahorro lámparas (COP)	103.219,20	Cop
Retorno de la Inversión (meses)	48,37	Meses

No solo el retorno de la inversión está proyectado a largo plazo, sino que la magnitud de esta tecnología se aprecia solo en los parqueaderos de las edificaciones objeto de estudio, por lo tanto, resultaría recomendable verificar de acuerdo al uso que le den sus habitantes este sistema, para proyectarlo en otras zonas de la construcción.

Tabla 24, Ahorro en COP, costo mensual iluminación, edificios caso de estudio. producción propia, 2018.

<b>TANQUE BIODIGESTOR PARA ILUMINACIÓN</b>		
<b>VALOR PROMEDIO FACTURA MENSUAL</b>	<b>282.173</b>	<b>COP</b>
Ahorro Mensual con Tanque Biodigestor para iluminación en los parqueaderos	<b>103.219</b>	<b>COP</b>
Porcentaje de Ahorro	<b>37</b>	<b>%</b>
Valor promedio nueva Facturación	<b>178.954</b>	<b>COP</b>

Aunque el retorno de la inversión está estimado para un término de 4 años después de aplicado el sistema, lo cual no lo hace tan atractivo; la efectividad y mejor rendimiento se puede presentar en la extensión de las lámparas a zonas de circulación peatonal o en la utilización en todas las áreas comunes de acuerdo a la cantidad de uso que le den los habitantes a estos espacios.

### 8.3. APLICACIÓN PARA PLANTA DE ENERGÍA.

Una tercera opción es la adaptación de una planta generadora de energía que trabaja con Biogás, estas plantas, ampliamente conocidas en el mercado se pueden adaptar para cubrir las necesidades propias de las áreas comunes del edificio, dependiendo de las horas de trabajo.

Dentro de los factores de optimización de este sistema se debe tener en cuenta que la conexión se hace directamente desde el tanque Biodigestor hasta el cuarto insonorizado donde se ubicará la planta.

Dicho cuarto requiere de un control de temperatura e insonorización adecuados para permitir conservar la tranquilidad de los apartamentos.

Especificaciones de la Planta de Producción de energía a Base de Gas, Marca Champion: Ejecución de potencia con gas: 3150 Watts; A partir de Potencia con gas: 3950 Watts; Rendimiento óptimo sobre el 50%, con 20 libras de gas por hora. (1575 Watios hora= 1.57 Kw/h).

Con estas características podemos llegar a plantear el presupuesto teniendo en cuenta el tanque Biodigestor, la planta y la producción de energía para ser utilizada directamente en horarios de mayor funcionamiento para los habitantes.



Ilustración 37, Planta de energía eléctrica base gas, marca champion, <http://www.mercadolibre.com>, 2019.

La efectividad de esta planta de energía eléctrica no solo radica en el aprovechamiento del Biogás proveniente del Biodigestor, sino del ahorro económico que esta genera comparada con una planta a gasolina ya que un galón de gasolina llevado al inmueble puede costar \$10.000 por los 360 días del año son \$3.600.000, por pocas horas de energía al día. [www.enercampo.soluciones](http://www.enercampo.soluciones)

El Biogás resultante del proceso de fermentación del tanque Biodigestor se puede utilizar para activar una planta eléctrica diseñada para funcionar con gas, este sistema debe servir de puente recibiendo el gas proveniente del tanque Biodigestor y la conexión eléctrica.

Para la implementación de esta tecnología se debe tener en cuenta no solo la fabricación e instalación del Tanque Biodigestor, sino la adaptación para que de manera correcta y segura se puedan aprovechar todas las cocinas al empleo del Biogás; en el caso de una obra nueva se puede implementar desde la compra de los equipos que vengán adaptados a este sistema; pero, en el caso de los edificios donde se plantea esta solución se deben modificar los quemadores y salidas de la estufa, pues los edificios tienen varios años de construcción.

Tabla 25, Presupuesto, implementación biodigestor planta eléctrica, producción propia, 2018.

TANQUE BIODIGESTOR PARA GAS PLANTA ELÉCTRICA				
DESCRIPCIÓN ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Excavación manual para tanque (sótano de la edificación) incluye instalación	1,0	GL	300.000	300.000
Tanque Fibra de Vidrio 2.200 litros (Con conexión de llenado, salida, drenaje de lavado y salida de rebose hacia caja de inspección aguas negras) Dim. 1,80 X 1,10 mts	1	UN	1.650.000	1.650.000
Tubería gas (adaptar la salida del tanque Biogestor a la planta de energía)	1	GL	250.000	250.000
Cuarto insonorizado con ventilación para instalar la Planta de energía (incluye paneles Acoustic Block para absorber ruido y vibración).	1	GL	450.000	450.000
Planta de energía a Gas (Marca: Champion 100307)	1	UN	2.899.000	2.899.000
Adaptar salida de la Planta eléctrica a la red de iluminación de áreas comunes (parqueaderos sótano y primer piso)	1	GL	250.000	250.000
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>				<b>5.799.000</b>

Tabla 26, Promedio consumo y valor energía mensual áreas comunes kw/h, producción propia, 2018.

<b>FICHA TECNICA</b>						
NOMBRE EDIFICIO:		SUNTEC	AVANTI	ROMANI		
CANTIDAD APARTAMENTOS		30	36	30		
	Consumo Electricidad MensualKw/h	Valor Kwh	Valor	Impuestos	Valor	
Areas comunes	437	438	191.362	38.273	229.635	SUNTEC
Areas comunes	507	438	222.066	38.273	260.339	AVANTI
Areas comunes	604	438	264.552	38.273	302.825	ROMANI
<b>PROMEDIO</b>	<b>516</b>	<b>438</b>	<b>226.008</b>	<b>38.273</b>	<b>264.281</b>	<b>EDIFICIOS CASO ESTUDIO</b>

### 8.3.1. RETORNO DE LA INVERSIÓN

Tabla 27, Retorno de la inversión, biogás para planta eléctrica, 2018.

<b>TANQUE BIODIGESTOR PARA GAS PLANTA ELÉCTRICA</b>		
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>	<b>5.799.000</b>	COP
Consumo Promedio Mensual de Energía Eléctrica (515 Kw/h)	515	Kw/h
Producción de la Planta eléctrica (1,57 Kw/h)(24 horas 30 días)	1.130	Kw/h
Excedente de Producción de la Planta eléctrica (1,57 Kw/h)(24 horas 30 días)	615	Kw/h
Valor Consumo Promedio Mensual de Energía Eléctrica (Valor Kw/h: 512 COP)	263.680	COP
Producción de la Planta eléctrica (Valor Kw/h: 512 COP)	578.765	COP
Valor excedente Producción de la Planta eléctrica (Valor Kw/h: 512 COP)	315.085	COP
Retorno de la Inversión (meses), después de un año y 10 meses pueden tener energía gratis	10,02	MESES

En este caso, el sistema de generación de energía es viable en razón a que no solamente se recupera la inversión a los 10 meses, sino que además se obtiene un excedente mensual de 615 Kw/h que puede inclusive venderse a algún apartamento vecino, este proceso de comercialización energética resulta beneficioso para cubrir costos adicionales para el mantenimiento y repuestos de los generadores; adicionalmente el Biogás no produce contaminación, lo cual en aspectos ambientales resulta muy atractivo.

Esta opción resulta atractiva teniendo en cuenta que no solo se cubre la demanda de los equipos eléctricos que tiene la edificación, sino que puede generar un excedente que se puede extender a otras zonas, vender a los mismos habitantes, o utilizarse para el beneficio propio de la comunidad.

El retorno de la inversión a los 10 posteriores a la instalación permite que los gastos de mantenimiento y repuestos se mantengan desde los primeros meses de operación, teniendo en cuenta que esta planta dentro de la implementación se diseña en un espacio insonorizado y apto para su correcto funcionamiento.

Así las cosas, dentro de la variable básica de este sistema se concluye que sí cumple con los estándares de eficiencia y producción para su sostenibilidad y a una mayor escala se pueden considerar aspectos tales como la consecución de mayor cantidad de equipos, mejoramiento de los existentes o adquisición de otros más potentes para generar más energía y tener una cuota mayor para este sistema.

### 8.3.2. COSTO MANTENIMIENTO BIODIGESTORES

Dependiendo del tamaño y cantidad de material que procesa se puede cuantificar un mantenimiento básico, el cual radica en limpiar las piezas extraíbles como los compartimientos donde se deposita el abono y excesos de material, verificar el adecuado funcionamiento de las válvulas de salida y control, que al igual que una red de agua, es poco probable que requieran un cambio; en resumen, para realizar esta actividad y de acuerdo a [ideassonline.org](https://www.ideassonline.org/public/pdf/BrochureBiodigestoresESP.pdf) <https://www.ideassonline.org/public/pdf/BrochureBiodigestoresESP.pdf>, se puede determinar un valor promedio anual de \$100.000 COP por un mantenimiento preventivo.

### 8.4. NORMATIVIDAD LEGAL DE CONTROL

Aunque a nivel de norma urbanística no existen parámetros para la implementación de estos tanques, ya que no están “concebidos” como parte integral de la edificación, si se pueden asociar con lo estipulado en el decreto 159 de 2004 “Por la cual se adoptan normas urbanísticas comunes a la reglamentación de las Unidades de Planeamiento Zonal”; en cuanto a la distancia mínima que debe existir entre el tanque de agua potable y el cuarto de basuras, que en este caso se aplica para nuestro tanque biodigestor, esta medida mínima es de 10 metros.

En el caso de la emanación de fluidos y gases tóxicos, el GRS puede provocar asfixia en un área cerrada o espacio confinado (Department of the Army, 1995); igualmente puede llegar a ser altamente explosivos cuando el tratamiento de los fluidos no se ejecuta de manera correcta; en este caso, dentro de la implementación y recomendaciones arquitectónicas se valorará la

instalación en un lugar estable, cerrado pero con buena ventilación cruzada y zonas de acceso que permitan ejecutar el mantenimiento de manera correcta.

De acuerdo con el Decreto 1388 de 1976, “por el cual se expiden disposiciones sobre prevención y seguridad en Bogotá”. Para la instalación de lámparas de BioGas o cualquier otro elemento que utilice gas como cogenerador de energía o iluminación, es preciso cumplir con estos requisitos:

- Instalación por parte de personal autorizado y especializado, en este caso para Bogotá la empresa de Gas Natural cubre este requerimiento.
- Instalarse sobre una base sólida preferiblemente sobre concreto.
- Sitios de instalación con adecuada ventilación.
- Accesorios como regulador, válvulas, deben ser protegidos contra daños físicos.
- La instalación deberá en lo posible estar aislada de fuentes de ignición y de materiales corrosivos, combustibles o inflamables.

De acuerdo al Protocolo de detalle con las especificaciones de calidad del gas procedentes de fuentes no convencionales introducido en el sistema gasista; Grupo de trabajo CEN/TC 408 se contempla la instalación no solo del tanque Biodigestor, sino de la inyección de Biogas dentro de la red diseñada para el uso de gasodomésticos, lámparas y planta de energía, tal y como se enuncia en los resultados y aplicación de este sistema.

## 9. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN DE ENERGÍA CON TURBINAS

Dado que la turbina, conocida como turbo máquina motora, genera energía mecánica a través del paso constante de fluidos como agua, vapor de agua o vapor. Gracias a sus hélices, paletas, palas, cuchillas o álabes y un eje como rueda o rotor, gira mientras produce energía. Este invento es uno de los más eficientes respecto a los motores de combustión y eléctricos. La turbina se conecta a un generador para generación de energía. (<https://Twenergy.com/Turbinas>, 2107).

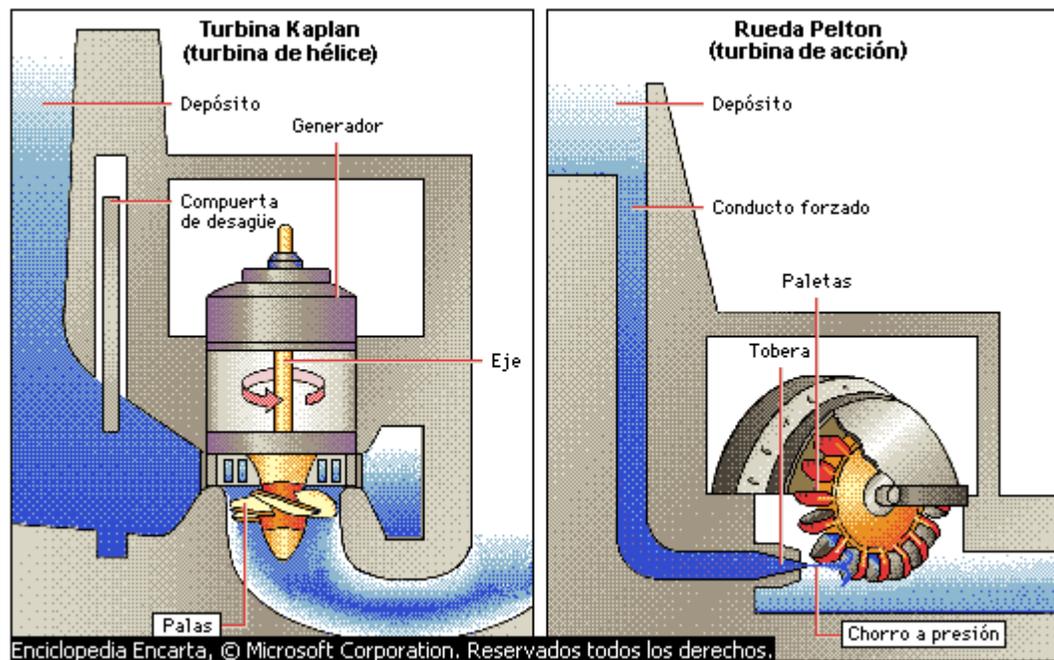


Ilustración 39, Esquema turbina kaplan y pelton; <http://jhonnyrojo.blogspot.com.co>; 2010

Dentro de los requerimientos para que una turbina produzca energía importante, se requiere de estas condiciones:

- Caída vertical de agua a una altura de 30 metros, o su equivalente en fuerza y presión.
- Caudal de 3litros por segundo.
- Agua limpia, libre de arenas y grasas que puedan deteriorar la máquina.

Tabla 28, Requerimientos técnicos para la turbina hidráulica, <http://www.enercampo.com>, 2017.

Altura neta (mt)	Caudal Lt/seg	Caudal (lt/seg)	Potencia (watt)
60	3	2	500

La ubicación de los tanques de agua potable y eyector está supeditado al diseño inicial por parte del constructor, el cual se rige por unas normas estructurales por peso y movimiento y normas de salud y urbanísticas para que no esté expuesto, ventilado y lejos de los depósitos de basuras propias de la edificación.

La energía eléctrica producida a gran escala como en represas o yacimientos de gas y petróleo, suple las necesidades de las comunidades, pero por no ser renovable, tiende a agotarse y a dejar una huella de carbono importante en la construcción, mantenimiento y transporte de esta energía, por lo tanto volcamos la mirada a pequeña escala, donde una edificación puede producir su propia energía y por ende este sistema se puede adaptar al tanque de agua potable o al tanque de aguas lluvias, ya que en ambos casos, el agua se mueve por efecto de las bombas de presión y la bomba eyectora y con este mecanismo se impulsa la turbina hidráulica.

Una ventaja de este sistema es la adaptación a los elementos ya existentes en los edificios objeto de estudio, como los tanques (agua potable y lluvias), redes existentes y solo se genera una circulación para agua a presión que sea cíclica, para que genere energía sin estar presurizando las redes existentes y para evitar evaporación o desperdicio del agua.

El sistema requiere poco mantenimiento y evita gastos en almacenamiento y distribución, pues al estar en operación 12 de las 24 horas del día, puede suplir cabalmente las exigencias de los habitantes y equipos que conforman la edificación.

Se debe contemplar que estas turbinas estén conectadas al sistema de redes eléctricas de la edificación, con el fin de evitar puentes o grandes trayectos donde se pueda perder algún porcentaje de energía; así el beneficio no solo está planteado para las zonas comunes, sino para diferentes zonas donde después de un estudio de carga se pueden extender los servicios eléctricos.

Tabla 29, Características técnicas Turbina hidráulica, <http://www.enercampo.com>, 2017.

Ítem	Precio publico
Planta (Con un generador de 2.9 kw, 110 vca, 60 hz, 12 vcc y un control electrónico de carga.	\$ 4.100.000
Control de carga	\$ 500.000
Total	\$ 4.600.000

Con este proceso continuo y una turbina hidráulica de dos Inyectores (Enercampo, energía para el Campo, 2017.), en el rotor de la turbina se pueden generar 500 Watios Hora; siendo 2,9 Kw/h, en condiciones de presión y fuerza continuas.

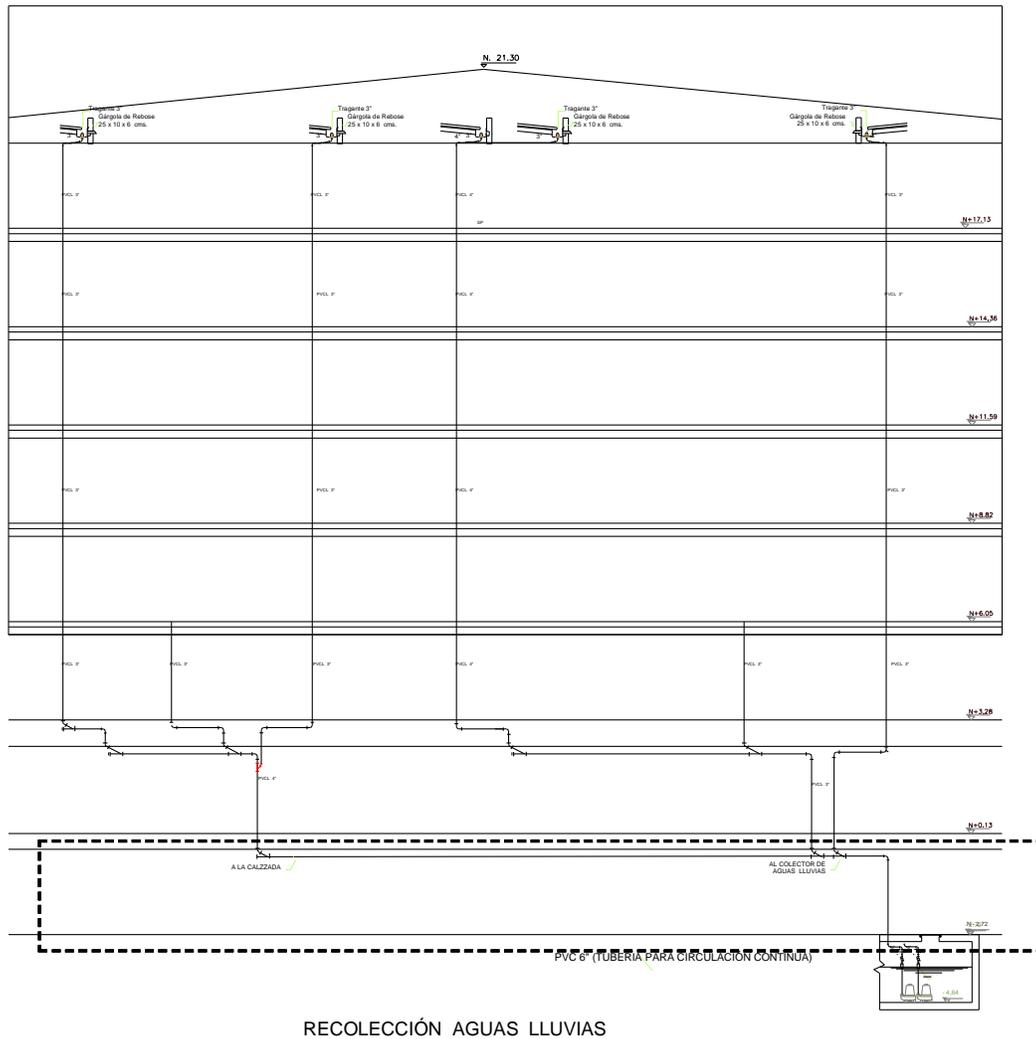


Ilustración 40, Esquema Recolección Aguas Lluvias, Edificio caso de estudio, Proyecto propio, 2018

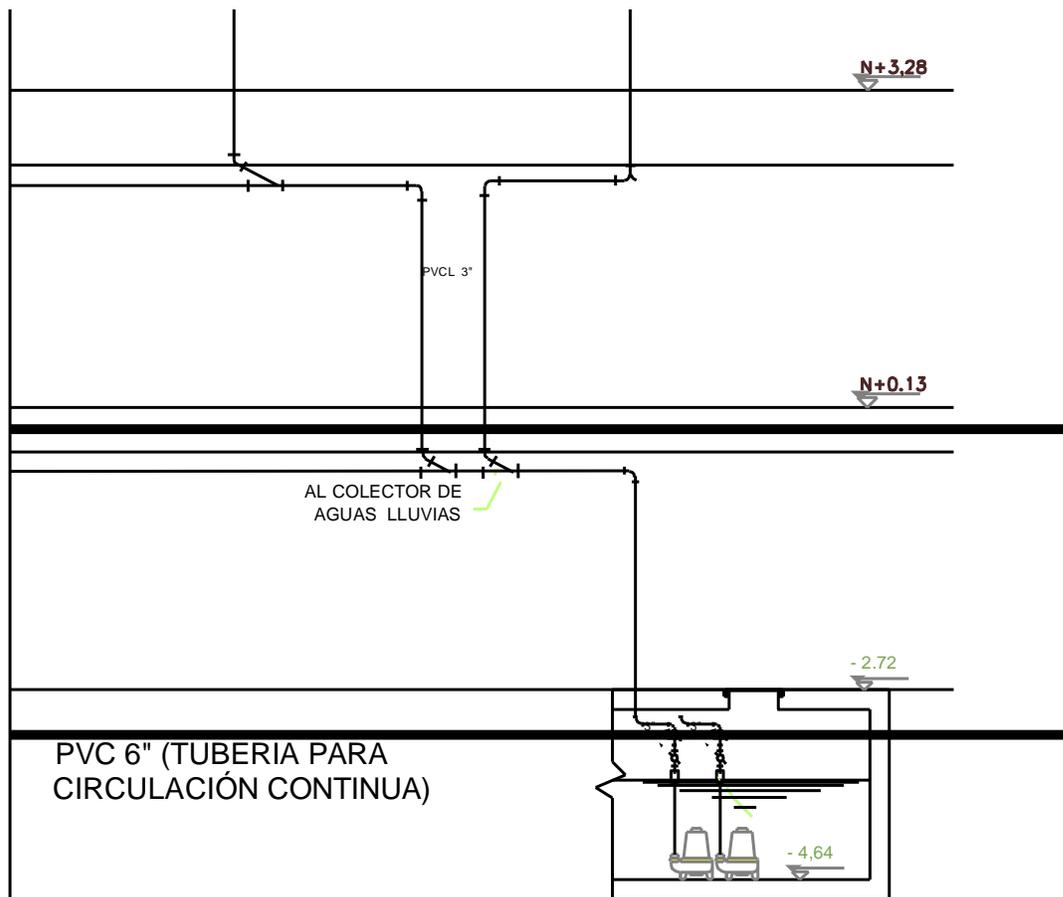
La bomba de presión de agua potable está diseñada para elevar un caudal de 80 L/seg a una altura máxima de 20 metros. La turbina requiere para su funcionamiento un caudal de 1,3 l/seg lo que hace que este equipo cumpla con los requerimientos de funcionamiento.

<https://www.ceupe.com/blog/turbinas-de-reaccion.html>

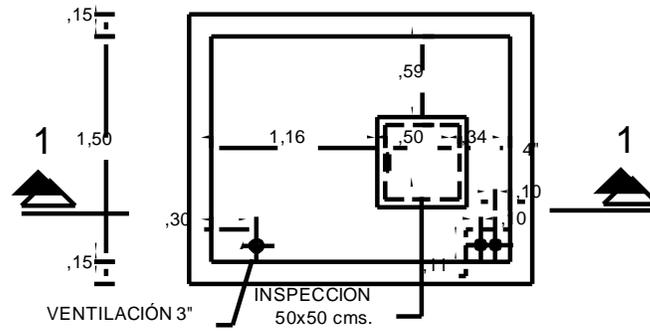
La implementación arquitectónica de esa turbina se hará dentro del tanque de aguas lluvias o potable donde a la salida del equipo de presión se conectará este elemento sin perder el

correcto paso y fuerza en el caudal de agua hacia cada uno de los apartamentos y produciendo a su vez energía.

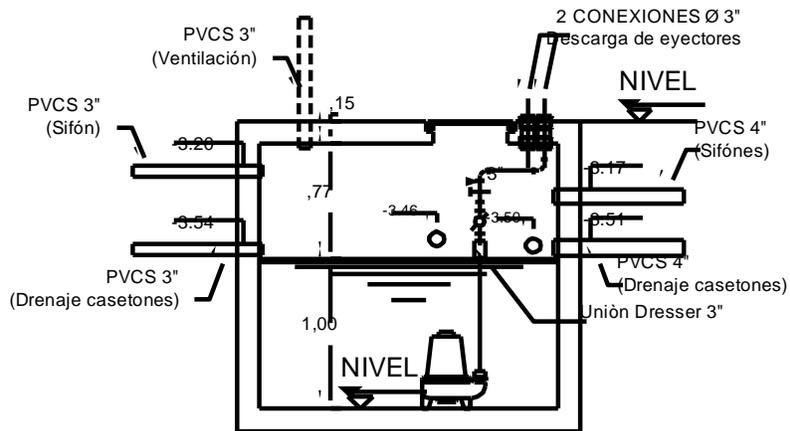
Esta turbina se instalará como complemento del equipo de presión de agua potable o aguas lluvias, ya que estos reúnen varias condiciones necesarias para producir energía, potencia, caudal y continuidad, además de la limpieza y filtros para llevar esta agua a los diferentes puntos de utilización (lavamanos, lavaplatos, duchas, llaves jardín, etc); este equipo de presión siempre está en funcionamiento y es indispensable para el correcto funcionamiento del edificio debido a que mantiene presurizada la tubería con agua potable.



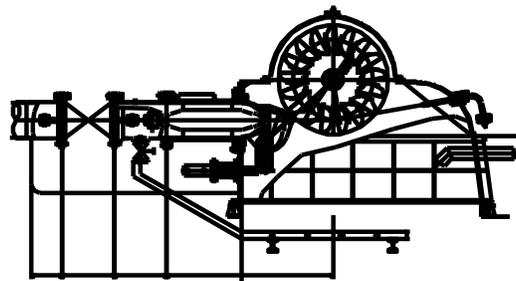
## PROCESO RECIRCULACIÓN AGUAS LLUVIAS



PLANTA



CORTE 1-1



TURBINA PELTON

# CÁMARA DE EYECTORES

Ilustración 42, Detalle cámara de eyectores, Edificio caso de estudio, 2018

Las características del equipo de presión de agua potable implementado en el Edificio Avanti, uno de los inmuebles objeto de estudio son las siguientes: La bomba de presión de agua potable está diseñada para elevar un caudal de 80 L/seg a una altura máxima de 20 metros. La turbina requiere para su funcionamiento un caudal de 1,3 l/seg lo que hace que este equipo cumpla con los requerimientos de funcionamiento. <https://www.ceupe.com/blog/turbinas-de-reaccion.html>



Ilustración 43, Referencia técnica bomba presión agua potable, proyecto personal, 2018.

Tabla 30, Presupuesto implementación turbina hidráulica, producción propia, 2018.

<b>TURBINA HIDRÁULICA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Turbina hidráulica con generador de 2.9 Kw/h	1	M3	4.600.000	4.600.000
Tubería adicional para acondicionar turbina	1	GL	100.000	100.000
Conexión eléctrica desde turbina hasta puntos eléctricos de áreas comunes	1	GL	450.000	450.000
Tubería adicional para generar movimiento cíclico de las aguas lluvias	1	GL	200.000	200.000
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>				<b>5.350.000</b>

Tabla 31, Retorno de la inversión, turbina hidráulica para iluminación, producción propia, 2018.

<b>TURBINA HIDRÁULICA</b>		
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>	<b>5.350.000</b>	<b>COP</b>
<b>VALOR PROMEDIO FACTURA MENSUAL</b>	<b>282.173</b>	<b>COP</b>
Consumo Promedio Mensual de Energía Eléctrica (515 Kw/h)	<b>515</b>	<b>Kw/h</b>
Producción energía Mensual Turbina hidráulica (operación por 12 horas al día)	<b>1.044</b>	<b>Kw/h</b>
<b>Retorno de la inversión (Meses)</b>	<b>19</b>	<b>Meses</b>

Las turbinas empleadas dentro del tanque de almacenamiento de agua y pozo evector, no requieren la inversión del valor en la construcción de un tanque de agua ya que estos están implícitos dentro de la función regular de un edificio, y no altera el funcionamiento y eficiencia de este

sistema; la valoración técnica y material estará en tubería de presión, conexión eléctrica e insonorización de la tubería.

Los costos que nos permiten enmarcar la viabilidad de estos sistemas están descritos dentro del valor de energía eléctrica destinada a las áreas comunes, y las que comprenden; Ascensor, bombas de presión y eyectora, iluminación general, interna y externa, implementos para recepción (tv, consola citófono, alarmas, etc.); cocineta, salón social y oficina administración.

Un punto que se debe tener en cuenta en la implementación de cualquiera de estos sistemas es la concordancia estructural, ya que no son instrumentos fáciles de adaptar después de construido el edificio, y las redes, tanques, plataformas y demás elementos, requieren de unas condiciones técnicas establecidas, con lo cual se recomienda que esta implementación sea paralela al diseño inicial arquitectónico, estructural y eléctrico, ya que al concebir el proyecto en estas condiciones, se verifica y perfecciona la inclusión de los requerimientos técnicos, para dar mayor efectividad en la producción de energía.

Con todo, luego de realizado el análisis que antecede puede concluirse que este mecanismo resulta favorable a los intereses de este estudio ya que tanto el proceso de implementación como su mantenimiento son ágiles y relativamente económicos y, además ofrecen posibilidades de adaptación que se ven favorecidos por el empleo de las redes ya existentes en los edificios objeto de estudio y para edificaciones nuevas no requerirá el empleo de tecnologías de avanzada que puedan hacer imposible su ejecución.



Ilustración 44, Turbina hidráulica; <http://www.enercampo.com>, 2017.

### 9.1. RETORNO DE LA INVERSIÓN

La viabilidad económica, funcional y operativa evidencia que esta tecnología que se acostumbra a usar a gran escala o a nivel rural fácilmente se puede implementar dentro de una edificación, generando un beneficio directo a nivel económico y un aporte importante en el ahorro, concientización y aporte a los recursos no renovables del planeta.

<b>RESUMEN TURBINA HIDRÁULICA</b>		
<b>VALOR TOTAL INSTALACIÓN</b>	<b>5.350.000</b>	<b>COP</b>
<b>VALOR PROMEDIO FACTURA MENSUAL</b>	<b>282.173</b>	<b>COP</b>
Consumo Promedio Mensual de Energía Eléctrica (515 Kw/h)	<b>515</b>	<b>Kw/h</b>
Producción energía Mensual Turbina hidráulica (operación por 12 horas al día)	<b>1.044</b>	<b>Kw/h</b>
<b>Retorno de la inversión (Meses)</b>	<b>19</b>	<b>Meses</b>

En este caso el retorno de la inversión se ve recuperada en 19 meses, logrando además plantear la extensión de esta energía a otras zonas, venderla internamente a otros apartamentos que

requieran una carga similar ya que dentro de la producción se evidencia un excedente importante y que no solo sirve para cubrir gastos operativos, de mantenimiento o repuestos, sino que genera un beneficio económico al edificio.

Analizadas las dos propuestas presentadas como viables ha de decirse que arquitectónicamente resultan viables por cuanto se pueden adaptar a la estructura del edificio, aprovechan el diseño de la redes existentes sin afectar la dinámica de sus procesos, no ocupan espacio importante, tienen conectividad entre las redes y los puntos finales de destino, la adaptación de estas propuestas, desde el punto de vista económico, resulta favorable ya que sus costos no son muy elevados y permiten aprovechar las estructuras ya existentes y en consecuencia la intervención arquitectónica y estructural es mínima ya que por tamaño y redes de acopio y producción no se requiere de espacios amplios y en la mayoría de los casos no serán necesarias nuevas redes para su adaptación y puesta en funcionamiento.

Por medio de estos sistemas viables, se cumple con este propósito, con el de mitigar la generación de gases de efecto invernadero y la sustitución de las fuentes de energía convencionales. Igualmente, el potencial económico, sustentable y participativo de la comunidad hace que estas nuevas tecnologías tengan mayor acogida e interés de personas y entidades.

La efectividad de aplicar estos sistemas radica no solo en su implementación, innovación y relativa sencilla instalación, sino en el trabajo en equipo de una comunidad que vive en un inmueble, ya que la capacitación y concientización hace que por medio de sus actividades cotidianas puedan hallar formas de contribuir con la preservación del medio ambiente y además de generar su propia energía.

En la mayoría de los casos, los sistemas de generación de energía alternativa, se emplean para suplir necesidades de comunidades aisladas, zonas rurales o de difícil acceso, generando

altos costos y al final pocos beneficiados, generando una solución válida pero individual, por lo tanto la investigación encontró que la sinergia entre la tecnología y la arquitectura acopla muy bien estas dos opciones llevando al aprovechamiento de los recursos propios de una comunidad al interior de una edificación.

## 9.2. COSTO MANTENIMIENTO TURBINAS

La industrialización comercial de estas turbinas ofrece en el mercado productos de garantía y calidad durable, algo similar a un motor de vehículo; se establece de acuerdo a la empresa que fabrica estas en el reino unido estas turbinas, [drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/econ/oandm.htm](http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/econ/oandm.htm); se garantiza una duración de 120.000 horas o de 15 a 20 años.

Igualmente, el costo de mantenimiento radica más en la infraestructura que lo soporta y no en la turbina como tal, por lo cual establece en repuestos, revisión de accesorios, asegurar tubería a la estructura y cambio eventual de piezas, en un costo máximo aproximado anual del 3% del costo total de la inversión, pero a partir de los 5 o 6 años después de su instalación, y para este caso (Costo total de la inversión \$5.350.000; 3% anual \$160.500).

## Bibliografía

Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2015); Integración de las energías no renovables en Colombia; Convenio ATN/FM-12825-CO.

Banco Interamericano de Desarrollo, Generación de electricidad a partir de Biogás capturado de residuos sólidos urbanos: Un análisis teórico-práctico. División de Energía, Nota Técnica No. IDB-TN-1260. Marzo 2017.

Banco Mundial (2004). Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto de Recuperación de Gas de Relleno Sanitario de la Ciudad de Olavarría. Facultad de Ingeniería UNCPBA.

Decreto 2469; Ministerios de Minas y Energía; “Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de los excedentes de autogeneración. 2 Dic 2014

Decreto 1388 de 1976, “Por el cual se expiden disposiciones sobre prevención y seguridad en Bogotá”.

Ley 1715, Ministerio de Minas y Energía, por medio de la cual se regula la integración de las Energías renovables no convencionales al sistema eléctrico nacional. 13 de mayo de 2014.

Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, Icaiti.

Centro Internacional de Agricultura Orgánica (Ciao), Construya un Biodigestor.

Enercampo, Energía para el Campo,

Philips, Manual de Eficiencia energética.

Construdata, Versión 180, Septiembre noviembre 2016

Delta Light, The Lighting Bible, versión 8, Catálogo de productos.

Universidad EAN, Especialización en Gestión de Residuos Sólidos, 2014. Viabilidad Técnica para Producción de Biogás a partir de la fracción Orgánica de los residuos Sólidos Urbanos.

Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Fundamentos para el Diseño de Biodigestores, 2009.

Protocolo de detalle con las especificaciones de calidad del gas procedentes de fuentes no convencionales introducido en el sistema gasista; Grupo de trabajo CEN/TC 408

Sistema de Gestión de Información y Conocimiento en Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en Colombia, SGI&C – FNCER, 2015

## Web grafía

<http://www.cemaer.org/>

<https://www.portafolio.co>

<http://www.soliclima.com/>

<http://www.promoenergia.co/biodigestores/index.html>

<http://www.fedebiocombustibles.com/>

<http://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>

<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16610226>

<http://www.bioelectrica.com/biogas/proceso-de-produccion/>

[http://www.feriadelasciencias.unam.mx/Pisando\\_y\\_generando.pdf](http://www.feriadelasciencias.unam.mx/Pisando_y_generando.pdf)

[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2010/09/06/195593.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2010/09/06/195593.php)

<https://www.motorpasion.com/industria/la-cara-negativa-de-los-biocombustibles>

<https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/vidalquodras-a-los-biocarburante...>

<https://www.factorenergia.com/es/blog/.../energias-alternativas-biomasa-biogas/>

<https://es.slideshare.net/EduardReyes2/proyecto-completo-piezoelectrico>

<http://www.ingeniero-de-caminos.com/2011/06/turbinas-hidraulicas.html>

<http://epre.gov.ar/web/unas-baldosas-generan-energia-con-nuestras-pisadas/>

<http://jhonnyrojo.blogspot.com.co/2010/10/generacion-de-energia-electrica.html>

<https://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/mini-turbina-hidraulica-con-generador>

<https://erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/>

[http://www.epm.com.co/site/clientes\\_usuarios/Clientesyusuarios/Hogaresypersonas/Gasnatural/Tipsdeusointeligente.aspx](http://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Hogaresypersonas/Gasnatural/Tipsdeusointeligente.aspx)

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo04.htm>

<http://www.electrificaribe.com/co/hogar/consejos/consejos+de+ahorro+de+energia/1297110312235/consumo+de+tus+electrodomesticos.html>

<http://www.dne.gub.uy/documents/112315/0/IluminacionyEficienciaEnergetica.Montevideo.UY.pdf>

<https://yoreparo.com/hogar/sanitaria/preguntas/1037775/consulta-cantidad-de-litros-por-hora-de-bomba-centrifuga>

<http://www.benoit.cl/Bombas2.htm>

<http://www.igihm.com/productos.php?id=2> (Ignacio Gómez)

<https://muhimu.es/ciencia-tecnologia/homebiogas-compostador-transforma-tus-residuos-organicos-gas/>

[http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que\\_es\\_un\\_biodigestor.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que_es_un_biodigestor.html)

<http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>

<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>

<https://www.dinero.com/pais/articulo/colombia-avanza-en-generacion-de-energias-renovables/257078>

<https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/22>

[http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page\\_id=80](http://www.minenergia.cl/autoconsumo/?page_id=80)

<https://www.tierra.org/es-la-biomasa-una-fuente-de-energia-realmente-renovable/>

<https://innergy-global.com/es/biomasa-el-problema-y-la-solucion-de-nuestros-bosques>

<https://www.ceupe.com/blog/turbinas-de-reaccion.html>

<https://www.ecologiaverde.com> › Ecología › Energías renovables

<https://elblogverde.com/la-energia-hidraulica/>

<https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqs-sobre-energia/capitulo-1/115482-ique-es-la-energia-mareomotriz-y-como-se-puede-aprovechar>

<http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/econ/oandm.htm>

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-de-produccion/energia-eolica-estudios>

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/inconvenientes-de-la-energia-mareomotriz>