

**ANALISIS DE PROYECTO DE GENERACION DISTRIBUIDA APROVECHANDO  
SISTEMA DE TRANSPORTE CNV**

BUSTAMANTE DIAZ DARWIN ANDRES  
GUZMAN GIRALDO JOHNATAN  
OROZCO PEREZ FABIAN STIVEN

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERÍA ELECTRICA  
MEDELLIN  
2017**

**ANALISIS DE PROYECTO DE GENERACION DISTRIBUIDA APROVECHANDO  
SISTEMA DE TRANSPORTE CNV**

**BUSTAMANTE DIAZ DARWIN ANDRES  
GUZMAN GIRALDO JOHNATAN  
OROZCO PEREZ FABIAN STIVEN**

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieros Electricistas

**ASESOR**

Diego Mauricio Tauta Rúa  
Ingeniero Electricista

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERÍA ELECTRICA  
MEDELLIN  
2017**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma

Nombre

Presidente del jurado

---

Firma  
Nombre  
Jurado

---

Firma  
Nombre  
Jurado

**Medellín, Noviembre de 2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarnos la oportunidad de crecer como personas y profesionales, a nuestras familias por su apoyo incondicional y lucha constante, a los docentes que con su conocimiento y experiencia contribuyeron a que creciéramos en nuestro ámbito profesional, personal y laboral, y a todos aquellos que a lo largo de nuestra carrera de una u otra manera aportaron en la consecución de este importante logro en nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTO**

Damos gracias a Dios por darnos la sabiduría necesaria para llevar a cabo la carrera, a nuestras familias por su comprensión y ayuda constante, a los profesores por ser nuestros guías a lo largo de nuestro ciclo educativo y por compartirnos sus saberes y experiencias, a nuestro asesor el Ingeniero Diego Tauta por apoyarnos, gracias a su acompañamiento y asesoría logramos este proyecto y una exitosa culminación de la carrera.

## CONTENIDO

1. RESUMEN .....	9
2. GLOSARIO.....	10
3. INTRODUCCIÓN.....	11
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
5. JUSTIFICACIÓN.....	15
6. OBJETIVOS.....	17
6.1 General.....	17
6.2 Específicos.....	17
7. MARCO TEORICO .....	18
7.1 Generación distribuida.....	20
7.2 Normatividad en Colombia.....	22
7.3 Banda transportadora.....	26
8. METODOLOGÍA.....	29
9. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	31
10. CONCLUSIONES .....	45
11. RECOMENDACIONES.....	46
12. BIBLIOGRAFIA .....	47

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.....	35
Tabla 2.....	38
Tabla 3.....	42
Tabla.4.....	43
Tabla 5.....	43
Tabla 6.....	44

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Transformador 1600 kVA (44 kV – 13,2 kV) .....	32
Ilustración 2 Transformador 1250 kVA (13,2 kV-480 V).....	33
Ilustración 3 Transformador 630 kVA (13,2 kV- 240 V) .....	34
Ilustración 4 Consumo kwh/mes .....	35
Ilustración 5 Costo kwh/mes.....	36

## 1. RESUMEN

Con la problemática ambiental por las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) en los procesos de generación de energía eléctrica, se buscan métodos de generación que sean amigables con el medio ambiente y los cuales representen ahorro a las operaciones de la industria.

En Colombia gran parte de la generación de energía se hace por medio de fuentes hídricas, las cuales poseen un 69% de la generación eléctrica nacional, estas tienen un gran impacto ambiental, ya que se afecta la fauna y la flora. El otro 31% es para la generación térmica.

En Avon Colombia se realiza un análisis de un sistema de autogeneración y se encuentran varias referencias, con las cuales se realizan los respectivos cálculos de costos y ahorros que se puede tener en la planta; realizando un cálculo en el costo de la inversión y el tiempo de retorno de esta; para el análisis del presente proyecto se toma como punto de referencia la instalación de un motogenerador en una de las bandas transportadoras de la compañía, para con esta aprovechar el movimiento y lograr una generación de energía eléctrica.

En una verificación que se realiza a la compañía en el consumo eléctrico, se identifica que este es muy elevado y en el desarrollo del proyecto se observa un buen aprovechamiento, obteniendo como resultado un tiempo de retorno de la inversión es de 3,6 años, teniendo en cuenta que los gastos de operación y funcionamiento ya están debidamente identificados y contabilizados

## 2. GLOSARIO

**Banda transportadora:** mecanismo para transporte, de acuerdo a su necesidad esta su composición.

**Batería:** dispositivo capaz de almacenar energía eléctrica, con una composición química

**Generación distribuida:** generación a pequeña escala, instalada cerca al punto de consumo

**Generador eléctrico:** un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos.

**Inversor eléctrico:** es un dispositivo que tiene la función de cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna

**Motorreductor:** es un motor eléctrico acoplado a un juego de engranajes, los cuales permiten tener una relación de velocidad de acuerdo con la necesidad del proceso

### 3. INTRODUCCIÓN

Gracias al desarrollo a nivel mundial y las malas prácticas con el cuidado del medio ambiente, el planeta ha venido presentando unos cambios climáticos en los cuales todos los seres vivos se ven afectados; con esta problemática y con el fin de mitigar el impacto ambiental; las tecnologías están enfocadas en mejoramiento de procesos y sistemas que aporten más al cuidado del medio ambiente. Así mismo las políticas de cada país se han encargado de generar beneficios e incentivos para promover la implementación de tecnologías amigables con el medio ambiente, como por ejemplo la generación de energía eléctrica con sistemas que mitiguen los impactos ambientales (Canseco Garcia, 2010).

El estado colombiano ha presentado beneficios a las empresas que minimicen su consumo energético y que a su vez generen su propia energía debido a las problemáticas que se han presentado en las centrales generadoras de energía con respecto al clima. Algunos de estos beneficios son la reducción de algunos impuestos y el bajo costo en la facturación de energía eléctrica.

Muchas empresas a nivel nacional e internacional buscan optimizar sus procesos y generar su propia energía, con esto buscan economizar gastos y no depender de la red eléctrica local. Empresas tales como Coltejer, Argos, Cemex, Cartón de Colombia entre otras generan su propia energía en algunas de sus plantas (renovables y no renovables). Cementos Argos por ejemplo está generando el 85% de la energía que consume y le entrego al SIN (sistema interconectado nacional) unos 30 Megavatios que, sumados al ahorro de sus instalaciones, implicaron el 10% de la meta de ahorro nacional. En la reciente planta en Neiva, la empresa hace uso de la energía solar para iluminar las oficinas. Por su parte Ecopetrol, apporto 57.5 Megavatios al SIN, lo que equivale a menos del 1 % del consumo diario nacional; sus plantas están ubicadas en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena. Además, están construyendo 13 plantas de

autogeneración en los campos de Cantagallo, Yarigui, Casabe y Tibu entre otros (Argos Corporativo, 2016).

En la empresa Avon Colombia se cuenta con unas políticas socio ambientales en las que se busca fomentar entre sus colaboradores y procesos, sistemas de bajo consumo de energía y mejor aprovechamiento de los recursos básicos; en sus procesos se cuenta con equipos eficientes que hacen de la compañía una planta ecológica con estándares internacionales que avalan el buen funcionamiento verde de la empresa.

Debido a esto se llevó a cabo un análisis técnico económico mediante el cual se quiere aprovechar el movimiento de una banda transportadora conectada a un generador de imán permanente y autogenerar energía eléctrica a las oficinas, tanto iluminación como tomacorrientes, permitiendo la reducción en su factura energética, debido al menor costo de producción del kwh autogenerado, frente al adquirido de la compañía eléctrica.

Teniendo en cuenta que las empresas buscan día a día un ahorro económico partiendo desde el buen uso y aprovechamiento de los recursos, esto genera la necesidad de hacer un análisis de costos para identificar posibles proyectos que aporten al ahorro de la empresa.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En vista de las condiciones ambientales que se presentan hoy en la población mundial, específicamente en Colombia, en busca de una solución a estas relevancias se ha optado por producir energías más limpias y que sean más amigables con el medio ambiente, debido a que la generación de energía en varios países es a través de plantas termoeléctricas cuyos recursos afectan el medio ambiente. Se busca implementar sistemas verdes, autosostenibles y con cero emisiones (CO<sub>2</sub>) (Portafolio, 2016).

Existen distintos esquemas para lograr autogeneración de energía, los cuales presentan diferencias funcionales en su aplicación. Desde el punto de vista de su función, que consisten en esquemas dinámicos los cuales ajustan de manera continúa su generación.

Además de tales diferencias funcionales, existen importantes diferencias de costo.

Estas circunstancias hacen que la decisión de instalar algún elemento generador se justifique después de efectuar un análisis técnico-económico del sistema a resolver y que dentro de tales términos se determine cuál es el sistema que realmente conviene.

La autogeneración, si bien no constituye la solución total, es una medida de aplicación inmediata que contribuye a la misma reduciendo significativamente el consumo de recursos, priorizando el concepto del URE (Uso racional de la energía). La autogeneración no alcanza actualmente el nivel de desarrollo deseable. El uso racional de los recursos primarios en los procesos de conversión se impone como un primer concepto cuya necesidad de aplicación resulta imperiosa. La producción energética debe priorizar el mínimo consumo de recursos y la mínima afectación del medio ambiente (Canseco Garcia, 2010)

Debido a esto se desea llevar a cabo un análisis técnico económico de un sistema de generación de energía eléctrica la cual se pueda destinar para diferentes equipos aprovechando el

movimiento de una banda transportadora conectada a un generador de imán permanente, permitiendo la reducción en su factura energética, debido al menor costo de producción del kwh autogenerado, frente al adquirido de la compañía eléctrica.

Con el desarrollo de la industria, se busca implementar procesos donde los consumos de recursos básicos sea el menor e implementar equipos q minimicen los costos de producción.

## 5. JUSTIFICACIÓN

En Avon Colombia nace una gran preocupación ya que actualmente existe un déficit de energía eléctrica, producto del alto consumo de producción a nivel nacional. Como es una empresa comprometida con el medio ambiente y los recursos naturales, se ve en la tarea de una constante investigación para mejorar el manejo de la energía y así lograr un ahorro económico en sus finanzas, aprovechando a su vez los beneficios tributarios que genera el bajo consumo de energía eléctrica, la compañía en un constante desarrollo realiza estudios y recibe propuestas que vallan encaminadas al manejo y aprovechamiento de los componentes de la planta; de ahí nace hacer un estudio para el buen manejo de los equipos y dispositivos aprovechando su eficiencia al máximo.

Es por eso que se presenta la posibilidad de realizar esta investigación, que tratará de plantear algunas soluciones al constante aumento del consumo de energía eléctrica, tomando como base el estudio de la energía cinética que manejan los CNV (Conveyor), el cual servirá como un aporte teórico para las posibles mejoras de la infraestructura eléctrica de la compañía.

Así mismo, se hará la recomendación de plantear un programa de ahorro de energía eléctrica, realizando un aprovechamiento de la infraestructura motriz que utiliza la compañía para su producción, debido a que se está en un mundo cambiante donde los costos de la tarifa eléctrica van en constante aumento y si se tienen equipos más eficientes, es decir la utilización de equipos para un ciclo cerrado para minimizar costo en el consumo de la energía eléctrica, que en la actualidad es un tema importante; no representaría un impacto económico muy fuerte, el hecho de aumentar las tarifas por concepto de electricidad y por ende los costos de la misma.

También tendríamos, en rasgos generales, como resultado de la conservación de energía la preservación del medio ambiente, pues:

- Menos hidroeléctricas implican menos deforestación.
- La menor generación de energía nuclear tiene como resultado menor radiación y menores riesgos.
- Menos termoeléctricas implican menos contaminación.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 General**

Comparar los costos del consumo de energía actual con la generación de energía eléctrica alternativa en Avon Colombia, para plantear la viabilidad del proyecto de autogeneración

### **6.2 Específicos**

- Analizar generación de energía alternativa a bajo costo en Avon Colombia
- Realizar un diagnóstico del costo en el sistema de energía eléctrica existente en Avon Colombia.
- Comparar costos de energía actual con el valor de la energía que se pueda generar
- Establecer y delimitar el aprovechamiento del ahorro de energía alternativa.

## 7. MARCO TEORICO

La autogeneración es la actividad realizada por personas naturales o empresas legalmente constituidas que producen energía eléctrica principalmente para atender sus propias necesidades de consumo, en el evento en que se generen excedentes de energía eléctrica a partir de tal actividad, estos podrán entregarse a la red, según lo establezca la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Algunos métodos de autogeneración de energía eléctrica con mayor porcentaje de operación a nivel mundial son los siguientes:

Turbina de gas. - Es una turbo maquina motora, cuya fuente de trabajo es un gas. Como la compresibilidad de los gases no puede ser despreciada, las turbinas de gas son turbo máquinas térmicas. Comúnmente se habla de las turbinas de gas por separado de las turbinas ya que, aunque funcionan con sustancias en estado gaseoso, sus características de diseño son diferentes, y, cuando en estos términos se habla de gases, no se espera un posible cambio de fase, en cambio cuando se habla de vapores sí; los gases de combustión tienen una temperatura de 600°C; ofrecen una alta seguridad de operación; tienen un bajo costo; el tiempo de arranque es corto (10 minutos) y requieren un mínimo de espacio físico (Luengo Inzunza, 1987).

Por otro lado, los gases de combustión se pueden utilizar directamente para el calentamiento de procesos, o indirectamente para la generación de vapor o cualquier otro fluido caliente.

Motores de combustión interna. - Es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en sí misma, a diferencia de la máquina de vapor; su temperatura de gases de combustión es de 400°C; tienen un bajo costo de inversión, una vida útil de 25 años, alta eficiencia a baja carga y consumo

medio de agua; requieren poco espacio para instalación, dan flexibilidad de combustibles y su crecimiento puede ser modular (Rovira de Antonio & Muñoz Dominguez, 2015).

Sistemas fotovoltaicos; al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica (que conforman los paneles), empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico, se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica. Una instalación residencial típica de 2 kW produce unos 1500 kWh/año y satisface las necesidades anuales de electricidad en un 40% o 50% (Formación, E, 2007).

Turbinas eólicas; es un dispositivo mecánico que convierte la energía del viento en electricidad. Las turbinas eólicas diseñan para convertir la energía del movimiento del viento (energía cinética) en la energía mecánica, movimiento de un eje. Luego en los generadores de la turbina, esta energía mecánica se convierte en electricidad. La electricidad generada se puede almacenar en baterías, o utilizar directamente, regulando el voltaje y la frecuencia, por lo que se convierte a DC y luego a AC normal (120V, 60 Hz) usando inversores, como en la fotovoltaica (textos científicos, 2010).

Microturbinas; tienen cuatro modos distintos de operación: aislado de la red eléctrica, conectado a la red, en paralelo con exportación de energía y de modo continuo o intermitente a la misma. Sus principales características son: rango de 15 kW a 300 kW en una sola unidad; frecuencia de 1,600 Hz; mantenimiento mínimo; sus unidades ocupan muy poco espacio; son ligeras; operan sin vibración, prácticamente no hacen ruido; operan de 40,000 a 75,000 horas y pueden utilizar combustible, además del gas natural, keroseno, gasolina, etanol, diésel, propano y biomasa (Cortés Parra, 2014)

## 7.1 Generación distribuida.

Uno de los conceptos base para este proyecto es la generación distribuida la cual tiende a ser un pilar a nivel global.

La generación distribuida de energía es un concepto que se basa en la producción de energía eléctrica por medio de pequeñas fuentes de energía próximas al lugar de consumo. Sus beneficios son muchos y entre alguno de ellos está la reducción en cuanto a pérdidas en la distribución de energía por la red, una necesidad menor de desarrollar nuevas redes y ante todo, un menor impacto paisajísticos y medioambiental por parte de las infraestructuras eléctricas en el entorno.

Uno de los países con un mayor desarrollo regulatorio e institucional en la generación distribuida (GD) es Inglaterra, cuyo esfuerzo se ve representado en una amplia capacidad instalada de proyectos GD (12000 MW).

- En Brasil cuentan con una infraestructura de generación eléctrica muy centralizada. El 92% de la electricidad se genera en grandes hidroeléctricas remotas, por lo que se requieren extensas redes de transmisión. En 2005 se hicieron subastas por 1099 MW en GD (845 MW de gas natural, 157 MW de diésel y 99 MW de biomasa). Las principales barreras para la GD están en que los definidores de la política energética prefieren las grandes hidroeléctricas y en que hay insuficiencia en las redes de gas. A futuro, se espera un desarrollo más promisorio de la GD pues las hidroeléctricas de gran tamaño serán más controvertidas, habrá abundante gas y más destilerías de etanol y el potencial de bioelectricidad en la próxima década se estima en 3000 MW (Rodriguez Hernández , 2009).
- En Alemania, de un total de generación anual de 609 TWh, a la GD le corresponden 125 TWh. La demanda de tecnologías de GD ha aumentado desde que en 2004 se empezó a garantizar un precio mínimo a la energía renovable aportada a la red, por un periodo de 20 años. Las

tecnologías más beneficiadas han sido la eólica y la cogeneración CHP (Calor y potencia combinado). Se espera a futuro que la GD pueda tomar hasta el 50% de la generación eléctrica.

- En México el sector eléctrico está dominado por la empresa estatal CFE (Comisión federal de electricidad), que genera el 75% de la electricidad, principalmente con fuel oil. Del total de generación por 224.9 TWh, a la GD le corresponden 18.8 TWh, equivalentes a 5,9 GW, que en su mayoría son plantas para picos de demanda. La GD se compone de un 10% de cogeneración (CHP) y en un 90% de plantas gas.
- En España se le asegura al productor un ingreso compuesto por el precio de mercado más una prima que depende del tamaño de la instalación y de la rentabilidad. Se busca privilegiar las instalaciones más pequeñas e igualar las rentabilidades. A diciembre de 2013 España tenía una capacidad instalada de 95.648 MW. En estos las capacidades son de menos de 50 MW y corresponden a cogeneración, renovables y residuos. Se componen de 53.592 instalaciones, de las cuales 50.741 tienen menos de 100 kW. Por tecnología, 50.885 kW son instalaciones solares fotovoltaicas, 946 hidroeléctricas, la mayoría de menos de 5 MW, y el resto eólicas. La cogeneración se estancó y la fotovoltaica se disparó, seguramente por efecto de los incentivos, la prima ascendió a 3.329 millones de euros en 2013, lo que significó un incremento en la tarifa del 10.1%. Las plantas en el régimen especial de mayor participación, eólicas y fotovoltaicas, tienen baja predictibilidad. Las de más de 15 MW presentan un plan de producción diaria. Las instalaciones más pequeñas se agrupan y son representadas por el distribuidor. Se dan incentivos para el control de tensión, mediante premios y castigos respecto al cumplimiento del factor de potencia (Rodriguez Hernández , 2009).
- En Estados Unidos se está promoviendo el desarrollo de la generación distribuida a pequeña escala a través de micro redes, con tecnologías para producir electricidad con energías renovables y celdas de hidrógeno. Tanto la GD como las redes inteligentes como las fuentes renovables han

recibido un vigoroso respaldo en el paquete de recuperación económica, con 787 billones de dólares de respaldo presupuestal.

El porcentaje de participación de la generación distribuida en la producción de energía eléctrica en algunos países es así: Dinamarca 46%, Finlandia 32%, Holanda 28%, Austria 21% y Colombia 3,3%.

El futuro de la GD a nivel mundial o por países responde directamente a los objetivos de política energética y ambiental que se adopten. Esos objetivos corresponden a la disminución en emisiones de gases de efecto invernadero, la seguridad energética y a las tendencias de desarrollo de las redes, con interactividad a futuro entre la oferta y la demanda.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta también que en todos los países se enfrenta el reto del envejecimiento de las redes y, sobre todo, de los equipos de generación, hecho preocupante en especial respecto a los de producción centralizada, pues cada vez se hace más difícil reemplazarlos por otros de gran escala. El consumo de energía a nivel mundial se hace hoy con base en combustibles fósiles (86%), según datos de la evaluación de impacto ambiental (EIA). En cuanto a la producción de electricidad por fuente, al carbón corresponde el 40%, al gas el 20%, a los recursos hidráulicos y a los nucleares el 16% cada uno y a las renovables (solar, eólica, geotermia y biomasa) el 1% (Rodríguez Hernández , 2009).

## **7.2 Normatividad en Colombia**

Cada país maneja su normativa para la regulación de la energía, ya sea para generación, distribución, comercialización entre otros, en este caso se hace un estudio de la normatividad

colombiana, la cual tiene varios artículos a tener en cuenta para el proyecto de costos en la autogeneración, a continuación, se citan algunos artículos.

- Las leyes 142 y 143 de 1994 definieron los lineamientos para la prestación de servicio público de energía. En la ley 142 de 1994, artículo 74.1, literal b, le atribuyó a la comisión de regulación de energía y gas (CREG), la facultad de expedir regulaciones específicas para la autogeneración de electricidad, y establecer criterios para la fijación de compromisos de ventas de energía; así como en el artículo 11 de la ley 143 de 1994, define el concepto de autogenerado como aquel generador que produce energía eléctrica exclusivamente para atender sus propias necesidades; luego de esto la comisión de regulación de energía y gas mediante el artículo 12 de la resolución CREG 119 de 1998 estableció los mecanismos para la venta de excedentes de los autogeneradores cuando se presentan situaciones de racionamiento (creg, 2011).
- El congreso de la republica con la ley 1715 de 2014 modificó el concepto de autogeneración, permitiendo a los agentes que desarrollan esta actividad entregar los excedentes de energía, para lo cual deberán cumplir la regulación que establezca la comisión de regulación de energía y gas; una vez el ministerio de minas y energía definiera los lineamientos generales de política para la actividad; ya que la regulación propondrá por generar incentivos para la participación de dichos agentes en un marco de competencia en el mercado, sin generar distorsiones en el mismo.
- El numeral 2 del artículo 6 de la ley 1715 definió que corresponde al ministerio de minas y energía, establecer los procedimientos para la conexión, operación, respaldo y comercialización de energía de la autogeneración distribuida, conforme los principios y criterios de esta ley, los lineamientos de política energética que se fijen para procedimientos simplificados de autogeneradores con excedentes de energía menores a 5 MW.

- Por su parte la unidad de planeación minero-energética (UPME), dentro de las funciones establecidas en el decreto 2469 de 2014 y en la ley 1715 de 2014 mediante resolución UPME 281 de 2015, definió el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala con el valor de 1 MW de capacidad instalada del sistema de generación del autogenerador (upme, 2017).
- En cumplimiento del artículo 45 de la ley 1715 de 2014, la UPME establecerá los términos y condiciones para el reporte de la capacidad instalada y producción de energía por parte de los autogeneradores a pequeña y gran escala; destacando que conforme a lo señalado en el artículo 3, párrafo transitorio del decreto 2469 de 2014; “hasta tanto la UPME no determine este valor y se expida por el ministerio de minas y energía la política aplicable para autogenerador a pequeña escala, y así como por la CREG la reglamentación correspondiente a todos los autogeneradores estos serán considerados como autogenerador a gran escala”.
- Los distribuidores deberán reportar a la UPME la ubicación, tipo de usuario, tecnología, capacidad instalada, nivel de tensión del punto de conexión, valores históricos de autogeneración inyectada a su sistema y demás variables según lo requiera esta entidad.  
Teniendo en cuenta los principios de eficiencia económica, suficiencia financiera, estabilidad, neutralidad, transparencia, simplicidad, exigibilidad y consistencia, que se definen en las leyes 142 y 143 de 1994, y los lineamientos definidos en el decreto 2469 de 2014; se busca establecer la normatividad de la actividad de autogeneración.
- A la fecha, el ministerio de minas y energía no ha emitido el decreto estableciendo las directrices de política para la entrega de excedentes por parte de autogeneradores a pequeña escala. Por lo tanto, hasta que esto no ocurra y la CREG no haya regulado la actividad de autogeneración a pequeña escala, todos los autogeneradores deberán cumplir las normas establecidas en la resolución CREG 024 de 2015.

- Se hace aclaración con el decreto 1073 de 2015 por el cual se establecen lineamientos de política pública para incentivar la autogeneración a pequeña escala, la gestión de la demanda de energía eléctrica y la medición inteligente.

El ministerio de minas y energía publicó en su página web del 15 al 22 de abril de 2016, el proyecto por el cual se establecen lineamientos de política pública para incentivar la autogeneración a pequeña escala, la gestión de la demanda de energía eléctrica y la medición inteligente, con el objeto de recibir opiniones, sugerencias o propuestas alternativas del público en general, las cuales fueron incorporadas a este decreto en lo que se consideró pertinente (ministerio de minas y energía, 2016).

- A partir del sistema de transición y hasta tanto se implementen los sistemas de medición inteligente, los autogeneradores a pequeña escala de los que trata el artículo 5 de la ley 1715 de 2014, podrán entregar sus excedentes de autogeneración cuando sus sistemas de medición cumplan los requisitos que para tal efecto determine la CREG. Estos requisitos deben conducir a viabilizar la entrega de estos excedentes a la red y su liquidación económica; así mismo, dichos requisitos pueden ser diferentes dependiendo de la potencia instalada de las plantas de autogeneración.

El autogenerador de energía eléctrica a pequeña escala deberá cumplir los siguientes parámetros:

1. La energía eléctrica producida por la persona natural o jurídica se entrega para su propio consumo, sin necesidad de utilizar activos de uso del sistema de transmisión nacional, sistema de transmisión regional y/o sistemas de distribución local.
2. La cantidad de energía sobrante o excedente podrá ser cualquier porcentaje del valor de su consumo propio.
3. Los activos de generación pueden ser de propiedad de la persona natural o jurídica o de terceros y la operación de dichos activos puede ser desarrollada por los propietarios o por terceros.

4. Potencia instalada igual o inferior al límite máximo determinado por la UPME para la autogeneración a pequeña escala.

Actualmente se realiza una actualización por medio del decreto 348 de marzo del 2017 por el cual se realiza una adición al decreto 1073 de 2015, en lo que respeta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y la entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.

- La sección 4A del artículo 1 del decreto 1073 de 2015, hace referencia a los lineamientos de política energética en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala; ya que los autogeneradores a pequeña escala con capacidad instalada menor o igual a 0,1 MW (100 kW) no tiene la obligación de suscribir un contrato de respaldo o disponibilidad de capacidad de red.
- Para el caso de los autogeneradores a pequeña escala que utilicen fuentes no convencionales de energía renovable FNCER, los excedentes que entreguen a la red de distribución se reconocerán mediante un esquema de medición bidireccional, como créditos de energía, según las normas que la CREG establezca para tal fin en aplicación de lo dispuesto en el contrato de respaldo del decreto 348 de 2017.

### **7.3 Banda transportadora**

Para el análisis del presente proyecto se toma como punto de referencia la instalación de un moto-generador en una de las bandas transportadoras de la compañía, para con esta aprovechar el movimiento y hacer la respectiva generación de energía eléctrica.

Las bandas transportadoras o conveyer son dispositivos de transporte las cuales están conformadas por un motorreductor, una banda que transmite la tracción, unos rodillos que guían

la banda y otros que son movidos por esta para amplificar la tracción; también consta de una estructura para soportar todo el sistema.

El ciclo de trabajo de estas bandas es de 15 horas aproximadamente en unas áreas, ya que en otras el tiempo de trabajo es intermitente por los tipos de sensores que se encargan de su apagado y encendido (la propuesta es realizar la instalación en las bandas que tienen más horas de trabajo).

La banda es de un material sintético el cual ha presentado ruptura o desgaste en su composición solo en los empates; los cuales se cambian cada 2 y 3 años aproximadamente. Estos motores están sobredimensionados en cuanto a potencia, ya que las bandas estas diseñadas para transportar un numero de cajas de mayor peso (actualmente las cajas tienen un peso máximo de 3000 gr y la capacidad de las bandas seria de 5500 gr, según el fabricante); con la idea anterior se destaca la capacidad del motor inutilizada, por lo tanto, la sobrecarga de esfuerzo por parte del motogenerador no implicaría problemas para su trabajo normal.

El funcionamiento del sistema de transporte es: un swich de encendido da la señal al motor, éste gira y a su vez le da tracción a la banda motriz que se encuentra a lo largo del conveyor teniendo contacto con cada uno de los rodillos que lo conforman; por lo tanto, estos también giran, generando el desplazamiento de las cajas con productos. En la parte inferior de la banda transportadora se tienen unos rodillos que se encargan de soportar la banda y servir de guía para la misma, y así evitar que esta se salga de la estructura. Al finalizar la operación se cuenta con un swich de apagado para todo el sistema de transporte.

El eje del motogenerador hace contacto con la banda motriz del conveyor y así este movimiento hace la conversión de energía y así se genera la electricidad en los bornes del auto-generador. Se debe tener en cuenta la regulación de este voltaje y el debido almacenamiento,

utilizando baterías. Esta energía se puede utilizar para alimentación de lamparas, computadores, radiofrecuencia etc.

## 8. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto, se deben realizar varias actividades con el fin de recolectar información y así construir un informe que permita desarrollar la idea inicial.

La primera actividad por desarrollar es realizar un diagnóstico del sistema de energía eléctrica existente en Avon Colombia. Para ejecutar esta actividad se procede con el reconocimiento de las instalaciones eléctricas de la planta, identificando todo el sistema y sus componentes; identificando todo el proceso industrial de la compañía. Así mismo se hace un análisis del consumo y el costo de la energía eléctrica, en donde se tendrá una revisión de la facturación de los últimos 12 meses, e identificar el promedio de consumo de energía al mes, el valor del kWh, entre otros.

Partiendo del reconocimiento de las instalaciones de la empresa Avon Colombia, se procede a realizar la siguiente actividad, la cual está indicada “como generar energía alternativa a bajo costo en Avon Colombia”. Se hace un análisis del sistema de transporte de mercancía en la empresa y se identifica el funcionamiento de las bandas transportadoras las cuales están conformadas por una estructura metálica, un juego de rodillos, una banda que se encarga de hacer girar los estos y un motorreductor el cual se encarga de hacer girar la banda. En este conveyor se puede implementar un mecanismo de generación; buscando un sistema el cual se pueda acoplar a este, y así optimizar el proceso, generando energía eléctrica.

Al identificar el método de generación más adecuado para la compañía, se procede con el cálculo de los componentes; inicialmente se revisa la carga de los motores y las bandas, para verificar el estado y si es apto para la instalación del sistema de generación de energía. Luego de hacer el chequeo del conveyor, se calculan los equipos para el sistema de generación, teniendo en cuenta la potencia y la velocidad de la banda transportadora y de la carga que se puede utilizar de

esta. De acuerdo con el sistema de generación, se hace una búsqueda exhaustiva en donde se identifican los componentes óptimos para este proceso, en los cuales se destacan dos características principales las cuales son, el costo de los equipos y el rendimiento; estos requerimientos se hacen de acuerdo con los valores anteriormente calculados.

Adicionalmente se hace el cálculo de la potencia a generar y esta se utilizaría en la iluminación de un área deseada por ejemplo oficinas o talleres.

Al tener las características técnicas de cada componente, se hace un cálculo del costo general del proyecto, teniendo en cuenta valores como mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos.

El anterior calculo representara el costo del kWh generado y así se realiza el comparativo con el costo de la energía suministrada por la empresa de energía; ya con esto se dan los resultados finales en donde se representará la viabilidad del proyecto y la tasa de retorno de la inversión.

## 9. ANÁLISIS Y RESULTADOS

El propósito de este apartado es mostrar los valores obtenidos y calculados para la generación de energía eléctrica en Avon Colombia, empleando el movimiento de una banda transportadora. Para este sistema se utilizará un motor generador, un inversor de voltaje, una batería y un regulador. Estos equipos debidamente calculados darán el valor de la potencia energética la cual se puede aprovechar para alimentar distintos equipos, pero en este caso el cálculo se hará en base al consumo de luminarias en oficinas.

Se identifica que la empresa Avon Colombia tiene un transformador principal de 1600 kVA donde recibe una red primaria de 44000 V y hace la respectiva conversión a 13200 V. En la siguiente imagen se ilustra el transformador.



*Ilustración 1* Transformador 1600 kVA (44 kV – 13,2 kV)

Fuente: foto de las instalaciones electricas en Avon Colombia

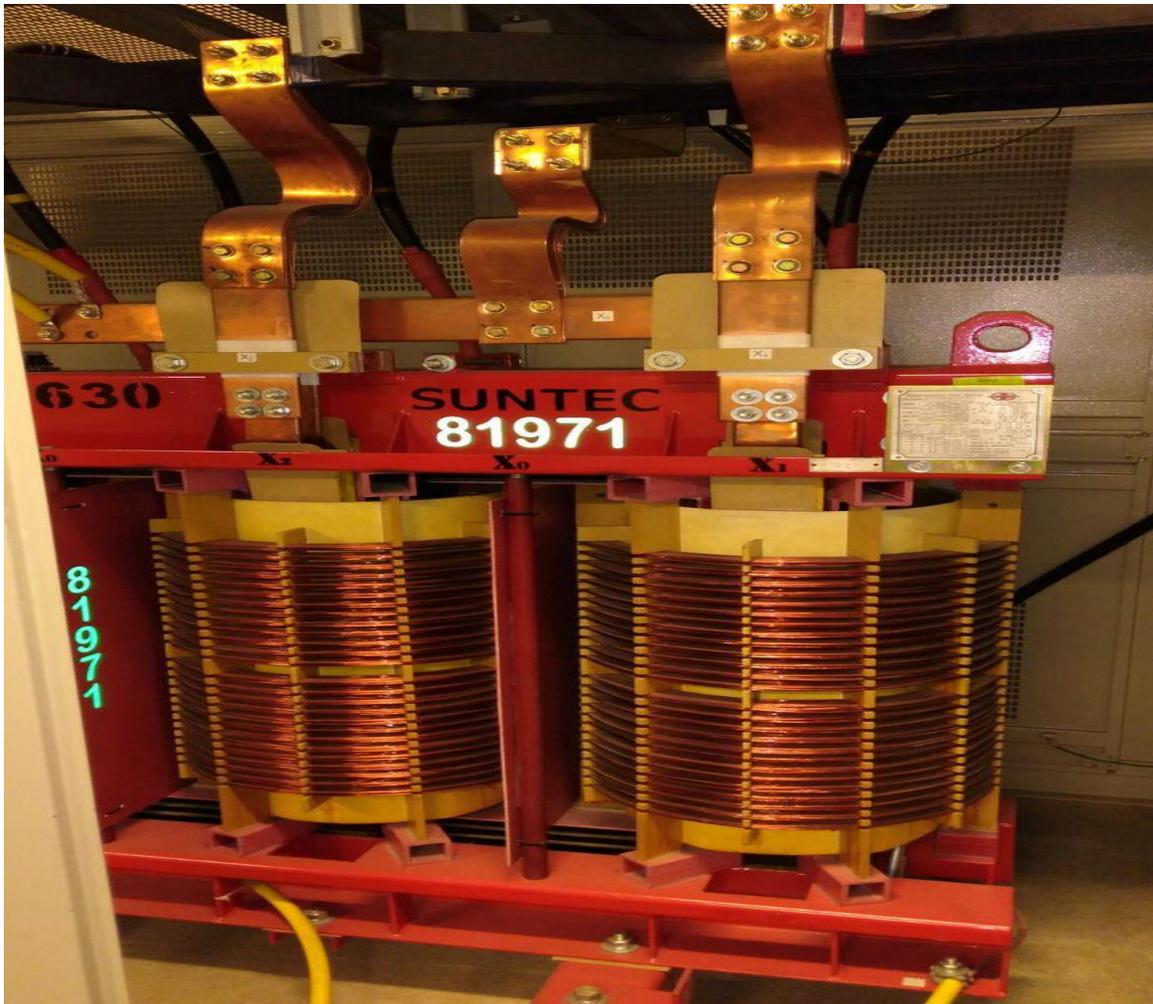
De ahí parte a dos transformadores, uno Seco 1250 kVA de 13200 V a 480 V, el cual se encarga de alimentar todos los dispositivos de producción, entre ellos se tienen las bandas transportadoras el cual podemos observar en la siguiente imagen.



*Ilustración 2* Transformador 1250 kVA (13,2 kV-480 V)

Fuente: foto de las instalaciones electricas en Avon Colombia

En la siguiente figura se observa transformador es de 630 kVA 13,2 kV- 220 V y se encarga de alimentar todo el sistema de oficinas, iluminación, cargadores para radiofrecuencia, entre otros.



*Ilustración 3* Transformador 630 kVA (13,2 kV- 240 V)  
Fuente: foto de las instalaciones electricas en Avon Colombia

Al finalizar el recorrido del reconocimiento de las instalaciones de la compañía, se solicita la facturación del consumo energético correspondiente a los últimos 12 meses, con los cuales se destaca la siguiente información.

Tabla 1.  
Análisis de la facturación de energía eléctrica

Fecha	Código de factura	Total kW	Total \$/kWh	Total \$ mes
nov-16	1985487	141.223	293,73	41'481.431,79
dic-16	2000325	140.188	238,81	33'478.296,28
ene-17	2024355	55.749	356,72	19'886.783,28
feb-17	2039080	131.072	292,55	38'345.113,6
mar-17	2076965	147.802	248,07	36'665.242,14
abr-17	2077727	128.424	225,13	28'912.095,12
may-17	2096911	55.656	302,47	16'834.270,32
jun-17	2122242	52.616	294,96	15'519.615,36
jul-17	2141541	136.009	200,97	27'333.728,73
ago-17	2160963	145.612	244,47	35'597.765,64
sep-17	2180434	144.773	258,18	37'377.493,14
oct-17	2199842	145.266	272,93	39'647.449,38
<b>Promedio</b>		<b>118.699,16</b>	<b>269,08</b>	<b>30'923.273,73</b>

Fuente: diseño propio, con base a la facturación de energía eléctrica en los últimos 12 meses

Nota: kw= kilovatio, kwh= kilovatio horas

Con los datos anteriores se hace el respectivo análisis en base a las siguientes graficas.

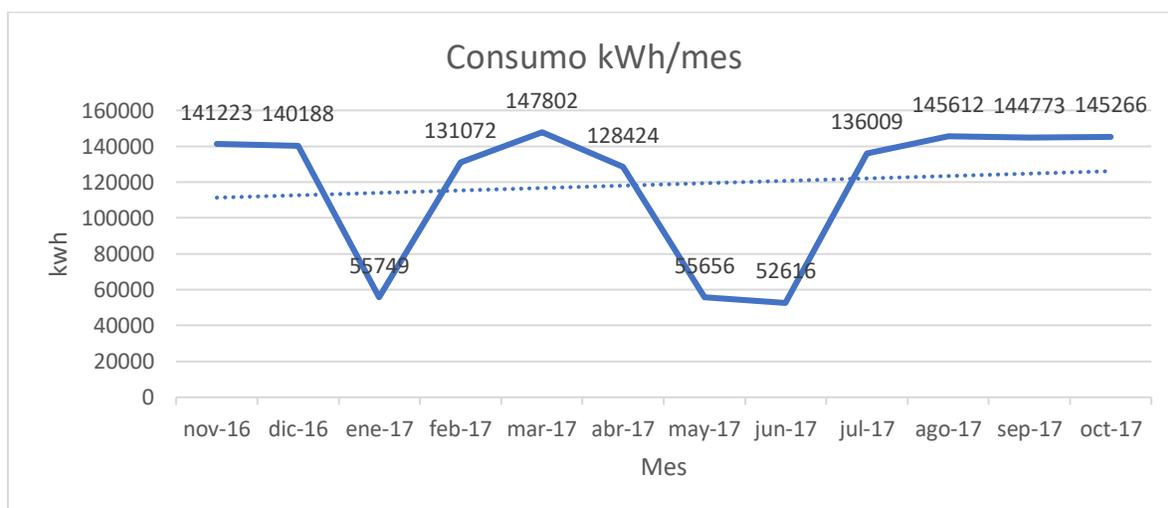
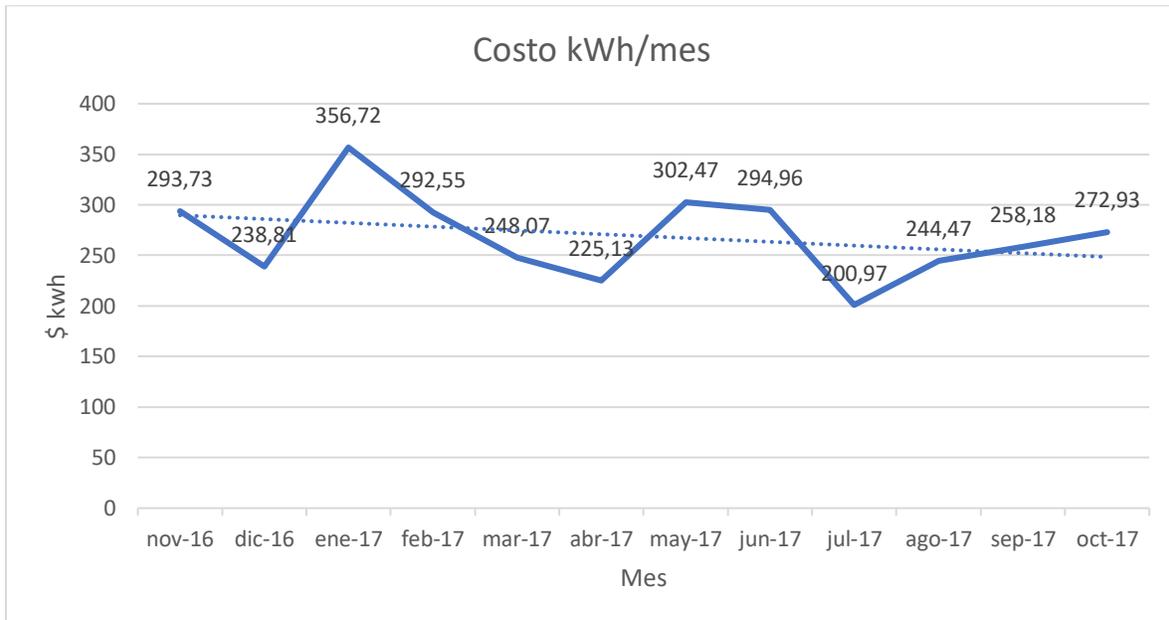


Ilustración 4 Consumo kWh/mes

Fuente: Diseño propio con base en la facturación de energía eléctrica en los últimos 12 meses

En la anterior grafica se evidencia la fluctuación del consumo energético en los últimos 12 meses, en donde se puede observar una variación de acuerdo al mercado, ya que este se mueve con relación a las fechas especiales. La tendencia de esta grafica es al alza, tal y como se puede observar.



*Ilustración 5* Costo kWh/mes

Fuente: Diseño propio con base en la facturación de energía eléctrica en los últimos 12 meses

En la anterior grafica se observa la oscilación que presenta el costo del kWh en cada mes, se debe tener en cuenta que este valor cambia de acuerdo con la variación climática ya que esto afecta los métodos de generación hidroeléctrico y térmico, que son las principales fuentes de generación en Colombia.

Se observa una tendencia a la baja lo cual se debe tener en cuenta para inversiones en los sistemas eléctricos ya que esto presenta un bajo costo en el kWh.

Se hace el análisis de la facturación donde se destacan algunos valores tales como el promedio del consumo energético el cual es de 118.699,1 kWh/mes con un promedio del costo en kWh de 269,0825 pesos y para un valor promedio mensual de 30'923.273,73 pesos.

Con los anteriores datos, se haría la comparación con un mecanismo de generación de energía eléctrica y revisar su viabilidad económica.

Las instalaciones de la compañía cuentan con un sistema de transporte para la mercancía por medio de bandas transportadoras y tienen una longitud de 4 km aproximadamente. Estas bandas están compuestas por una estructura metálica que sostiene los motores y los respectivos juegos de rodillos.

Las bandas están distribuidas por secciones donde estas se componen de un motorreductor el cual le da tracción a una banda verde de 4 cm de ancho por 3mm de espesor, esta banda hace contacto en la parte inferior con cada uno de los rodillos del sistema, y así por medio de esta fricción, los rodillos giran y mueven la mercancía a lo largo de la planta.

La banda transportadora es un conjunto de dispositivos que se encargan de llevar las cajas de un punto a otro. La velocidad de esta es un parámetro fundamental para la generación de energía; por lo cual se realizaron mediciones de velocidad en la banda transportadora. Se hacen 10 mediciones de 20 segundos en diferentes fechas y tipos de cargas para tener un promedio en la medición y verificar que los valores no tengan ninguna alteración, los resultados obtenidos se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 2.

*Medición de velocidad en banda transportadora*

Medición	Fecha	Hora	resultado
1	Abril 26 de 2017	8:00 am	461 rpm
2	Abril 28 de 2017	10:30 am	460 rpm
3	Abril 30 de 2017	12:45 pm	462 rpm
4	Mayo 4 de 2017	9:15 pm	459 rpm
5	Mayo 6 de 2017	1:00 am	461 rpm
6	Mayo 9 de 2017	3:20 am	459 rpm
7	Mayo 13 de 2017	5:00 am	463 rpm
8	Mayo 14 de 2017	2:45 pm	460 rpm
9	Mayo 15 de 2017	4:00 pm	460 rpm
10	Mayo 17 de 2017	6:40 pm	459 rpm

Fuente: diseño propio

Nota: rpm= Revoluciones por minuto

En base a los valores obtenidos se identifica el promedio de velocidad de la banda el cual es de 460 rpm, de acuerdo con este valor se hace el cálculo del torque del motorreductor y del generador para identificar la fuerza necesaria para mover el generador sin sobrecargar el sistema de la banda transportadora.

$$\text{torque motorreductor} = \frac{P(w)}{W}$$

W: velocidad del motor en radianes por segundo

$$W = \frac{\text{rpm} \times 2 \times \pi}{60}$$

$$W = \frac{52 \times 2 \times 3.1416}{60} = 5.44$$

$$\text{torque motor reductor} = \frac{\frac{1}{2} \times 746}{5.44} = 68.56 \text{ N.m}$$

Torque del generador

$$W = \frac{460 \times 2 \times 3.1416}{60} = 48.17$$

$$\text{torque del generador} = \frac{2000}{48.17} = 41.51 \text{ N.m}$$

Con los cálculos anteriores observamos que el torque del motorreductor es mayor con respecto al del generador, así garantizamos el giro del generador.

Ya con los valores anteriormente calculados se identifica un tipo de generador el cual presenta las siguientes características:

- Potencia generada 2 kW.
- Velocidad de funcionamiento 0-500 rpm.
- Voltaje de salida 14 V.
- Vida de servicio más de 25 años.

A continuación, se calculará el valor de la corriente a manejar

$$\text{corriente} = \frac{2000 \text{ W}}{14 \text{ voltios}} = 142,85 \text{ A}$$

Con el valor de la corriente calculada, se dimensiona la batería para utilizar en el sistema.

Se identifico que la batería mas viable presenta las siguientes características:

- Batería de gel
- 200 Ah
- Batería sellada que mitiga la emisión de gases (libre de mantenimiento)
- Voltaje de trabajo 12 V

El inversor el cual se dimensionó para este sistema con base a la potencia generada y presenta las siguientes características:

- Inversor de corriente para 2 kW, potencia máxima de 4 kW
- Voltaje de entrada 12 V DC
- Voltaje de salida 110 V AC

Este inversor cuenta con una pantalla led la cual nos indica el nivel de carga de la batería, el voltaje de entrada y la potencia de salida.

Con una velocidad promedio de 460 rpm tenemos que la potencia eléctrica generada es cercana a los 2000 W. para este caso se tendrá en cuenta una eficiencia del inversor del 90%, la inyección de potencia a la red es de 1800 W.

El objeto de este subsistema es el suministro de energía eléctrica a cargas específicas, estas cargas están conformadas por 33 luminarias T5 de 54 W cada una, para un total aproximado de 1782 W.

1 lámpara 54 W

33 lámparas \* 54 W = 1782 W

En promedio se tiene un costo de 269,08 pesos por kWh. El tiempo de trabajo de estas lámparas es de 6:00 am a 6:00 pm, para un total de doce horas. El consumo de cada lámpara en el día es de 648 Wh.

$$54 W * 12 \text{ horas} = 648 Wh$$

lo que equivale a 0,648 kWh

$$\frac{648 W}{1000} = 0,648 kWh$$

Teniendo en cuenta que el valor anterior es para una sola luminaria. Si este valor se multiplica por 33 luminarias, el resultado es 21,38 kWh

$$(0,648 kW * h) * 33 \text{ luminarias} = 21,38 kWh$$

21,38 kWh es el consumo de las 33 luminarias por día, este valor se multiplica por 24 días al mes, los cuales equivalen al tiempo de trabajo en un mes.

$$(21,38 kWh) * 24 \text{ dias} = 513,21 kWh$$

El consumo total de estas luminarias al mes es de 513,21 kWh, se multiplica este valor por el costo del kWh y el resultado es el costo mensual del consumo energético de estas.

$$(513,216 \text{ kWh}) * 269,08 \text{ pesos} = 138.050,8 \text{ pesos} * \text{kWh}$$

Al obtener este valor, se identifica que el ahorro mensual sería de 138.050,8 pesos, se multiplica por 12 y así se tiene el ahorro anual

$$12 \text{ meses} * 138.050,8 \text{ pesos} = 1'656.609,6 \text{ pesos}$$

A continuación, se describe los costos del proyecto

Tabla 3.  
*Costo de equipos y mano de obra*

Descripción	Costo
motor generador DC de imán permanente.	1'140.000
Regulador MPPT	240.000
Batería De Gel	899.900
Inversor de corriente de 2000 w	1'199.990
Estructura de soporte para generador	94.000
Conductor y tubería para conexión a lámparas	250.000
Gabinete eléctrico	450.000
Protecciones eléctricas	433.000
Mano de obra	485.000
Total	5'191.890

Fuente: Diseño propio. Los valores de los equipos se tomaron de mercado libre y alibaba; las paginas de los equipos se tienen en cuenta en las referencias bibliográficas

Nota: los valores están dados en pesos colombianos

El valor total de los equipos es: 5'191.890 pesos

Los equipos tienen una garantía de 12 meses y el mantenimiento que requieren es una revisión cada 4 meses y termografía cada año para evitar recalentamiento en las conexiones.

La termografía tiene un costo anual de 320.000 pesos.

Se debe tener en cuenta el sobre costo de la termografía con la tasa de incremento anual, en donde se tiene como referencia un 5%; en la siguiente tabla se observan los valores.

Tabla.4  
*incremento en costo de la termografía*

Valor futuro termografía			
Valor inicial	segundo año	tercer año	cuarto año
320.000	336.000	352.800	370.440

Fuente: diseño propio

Nota: los valores están dados en pesos

A continuación, se hace el cálculo en el incremento del kWh anual, donde se tiene una referencia del 5%.

Tabla 5  
*Incremento en costo del kWh*

Incremento costo de la energía			
Valor inicial	segundo año	tercer año	cuarto año
269,08	282,53	296,66	311,49

Fuente: diseño propio

Nota: los valores están dados en pesos

En la siguiente tabla se relaciona el ahorro anual con respecto al incremento en el costo del kWh.

Tabla 6

*Ahorro anual según el incremento*

<b>Ahorro por año</b>			
<b>Valor inicial</b>	<b>segundo año</b>	<b>tercer año</b>	<b>cuarto año</b>
1'657.153,94	1'740.011,63	1'827.012,21	1'918.362,82

Fuente: diseño propio

Nota: Los valores están dados en pesos

El costo general del proyecto es de 6'200.690 teniendo en cuenta el costo de la termografía en los tres años siguientes. Se suma el ahorro en los tres años siguientes y el resultado es 5'224.177,78, en la relación se evidencia que el tiempo de retorno es de 3 años y 6 meses. Se debe tener en cuenta que los equipos tienen una garantía de un año, pero una vida útil de 7 años, por lo tanto, luego del tiempo que se recupera el capital, de hay en adelante es una utilidad que se obtiene por el sistema de generación

## 10. CONCLUSIONES

- El movimiento de la banda transportadora se puede aprovechar como mecanismo de generación de energía con un motorgenerador, debido a su baja revolución (460 rpm) la potencia generada es un valor significativo (1800W).
- En el análisis del sistema eléctrico de la empresa Avon Colombia se identifica un déficit en la programación de algunos dispositivos, alargando el ciclo de trabajo de las bandas, lo que conlleva a un mal uso de la energía eléctrica.
- En el análisis del sistema de generación de energía se identifica que el regulador de voltaje es fundamental para evitar variaciones en el sistema, con este no se afecta el voltaje ya que se mantienen constante los 120v de la alimentación y así se evitan mayor número de mantenimientos y se alarga la vida útil de los equipos.
- El sistema de generación cuenta con una batería de gel para almacenar la energía y así ser utilizada en distintas ocasiones tales como un apagón por parte de la empresa prestadora de servicio o para alimentar otros dispositivos.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo la inversión inicial es de 5191890 pesos y el aprovechamiento de la energía generada anualmente es de 1740011,632 pesos; con relación a los datos anteriores se puede observar la viabilidad del proyecto, partiendo del tiempo de retorno.
- La idea inicial del proyecto era ser autogeneradores, con el análisis de la normativa colombiana se evidencia que la potencia generada no cumple con el tope mínimo para entrar como autogeneradores; por lo tanto el estudio realizado figuraría como un aprovechamiento de un proceso.

## 11. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con la investigación en este campo, a fin de lograr una optimización energético-financiera, para lo cual se podría dar como primer paso, el diseño de una herramienta computacional, que permita el análisis del sistema energético de forma robusta, a partir de un trabajo de investigación en maestría.
- Con base al análisis realizado se identificó que el sistema requiere de un generador que pueda optimizar las bajas revoluciones y se obtenga una mayor potencia generada, esto se podría dar con el avance tecnológico en el tema de generadores de energía eléctricos.
- Para minimizar los gastos en la inversión es necesario hacer un estudio en el mercado y así identificar unos equipos eléctricos con una mejor eficiencia y a un costo mucho más bajo. Con esto se lograría un menor tiempo de retorno de la inversión.
- Todo sistema eléctrico tiene sus opciones de mejora, en este caso sería, una mejor configuración en los sensores de la línea de producción ya que no todos cuentan con un tiempo de no lectura de las cajas y así apagar la banda transportadora; lo ideal sería realizar una configuración en estos para evitar el mal uso de la energía eléctrica y el desgaste de los equipos.
- En este trabajo, la potencia generada se utilizó para iluminación, está también se podría utilizar para otros dispositivos, tales como computadores, cargadores de radiofrecuencia entre otros; a su vez se puede hacer un estudio para alimentar cargas inductivas sin exceder el límite de potencia generada que son 1800W máx.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Argos Corporativo. (14 de marzo de 2016). *Argos Corporativo*. Obtenido de <https://www.argos.co>
- Canseco Garcia, M. (2010). *Ciudadania y valores fundacion*. Obtenido de energias renovables en america latina: [http://plataforma.responsable.net/sites/default/files/1279184521\\_energias\\_renovables\\_en\\_america\\_latina.pdf](http://plataforma.responsable.net/sites/default/files/1279184521_energias_renovables_en_america_latina.pdf)
- Cortés Parra, C. A. (2014). *Factibilidad de implementación de generación distribuida con máquinas de combustión interna y microturbinas a gas con cargas mayores a 1000kW en el sector industrial*. Obtenido de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Microturbinas%2C+Tienen+cuatro+modos+distintos+de+operaci%C3%B3n+aislado+de+la+red+el%C3%A9ctrica%2C+conectado+a+la+red%2C+en+paralelo+con+exportaci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+y+de+modo+continuo+o+intercambio](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Microturbinas%2C+Tienen+cuatro+modos+distintos+de+operaci%C3%B3n+aislado+de+la+red+el%C3%A9ctrica%2C+conectado+a+la+red%2C+en+paralelo+con+exportaci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+y+de+modo+continuo+o+intercambio)
- creg. (06 de septiembre de 2011). Obtenido de [http://www.creg.gov.co/phocadownload/presentaciones/generacion\\_distribuida\\_sin.pdf](http://www.creg.gov.co/phocadownload/presentaciones/generacion_distribuida_sin.pdf)
- Formación, E. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. FC Editorial.
- Luengo Inzunza, C. (1987). *Turbinas de gas (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León)*. Obtenido de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=turbinas+de+gas&dq=turbinas+de](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=turbinas+de+gas&dq=turbinas+de)
- ministerio de minas y energia. (22 de abril de 2016). Obtenido de energia electrica: <https://www.minminas.gov.co/reglamentos-tecnicos1>
- Portafolio. (5 de diciembre de 2016). *Portafolio*. Obtenido de [www.portafolio.co](http://www.portafolio.co)
- Rodriguez Hernández , A. (2009). *La generación distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional*. Obtenido de Comisión de Regulación de Energía y Gas-CREG.: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=generaci%C3%B3n+distribuida+y+su+posible+integracion&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=generaci%C3%B3n+distribuida+y+su+posible+integracion&btnG=)

Rovira de Antonio, J., & Muñoz Dominguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*.

Editorial UNED.

*textos científicos*. (15 de noviembre de 2010). Obtenido de

<https://www.textoscientificos.com/energia/turbinas>

*upme*. (17 de julio de 2017). Obtenido de energia renovable:

<http://www1.upme.gov.co/Paginas/Energias-renovables.aspx>

[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453446703-regulador-controlador-energia-solar-60-amp-mppt-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453446703-regulador-controlador-energia-solar-60-amp-mppt-_JM)

[http://www.qdallrun.cn/product/60444687033-803182312/Hot\\_sale\\_Low\\_RPM\\_high\\_efficiency\\_2kw\\_3kw\\_5kw\\_10kw\\_low\\_speed\\_vawt\\_wind\\_generator.html?spm=a2700.8304367.prsea43447.82.6aa1e407NPLdZm](http://www.qdallrun.cn/product/60444687033-803182312/Hot_sale_Low_RPM_high_efficiency_2kw_3kw_5kw_10kw_low_speed_vawt_wind_generator.html?spm=a2700.8304367.prsea43447.82.6aa1e407NPLdZm)

[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-443209013-inversor-de-corriente-2000w-12v-110v-convertidor-energizer-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-443209013-inversor-de-corriente-2000w-12v-110v-convertidor-energizer-_JM)

[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454392916-bateria-de-gel-panel-solar-northstars-a-12-voltios-de-200ah-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454392916-bateria-de-gel-panel-solar-northstars-a-12-voltios-de-200ah-_JM)

[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454848878-gabinetes-electricos-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454848878-gabinetes-electricos-_JM)