

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



**PROPUESTA DE UN MODELO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA A PARTIR DE ENERGÍA BIOMOTRIZ EN EL GIMNASIO DE
LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE – CAMPUS USAQUÉN**

Daniel Eduardo Buitrago Monsalve

Línea de Investigación:
Infraestructura Sustentable
Áreas de investigación:
Energía

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, agosto de 2018

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA A PARTIR DE ENERGÍA BIOMOTRIZ EN EL GIMNASIO DE
LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE – CAMPUS USAQUÉN**

Daniel Eduardo Buitrago Monsalve

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Jhon Fredy Arias Duque

Línea de Investigación:
Infraestructura Sustentable
Áreas de investigación:
Energía

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia Año
2018

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Acta de sustentación Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Dedicatoria

A mis padres y mi hermana, principal apoyo y ayuda en el camino recorrido y los artífices de quien he llegado a ser y lograr hoy en día, han sido ellos desde que tengo memoria quienes no han dejado de creer ni de estar a pesar de las adversidades. Este proyecto y título es el fruto del esfuerzo de mis padres y el apoyo de mi hermana y es tanto mío como de ellos.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Agradecimientos

A Dios por darme vida y salud para lograr culminar esta etapa y por haberme premiado con la familia que tengo, a mis padres y hermana por ser mi principal apoyo y equipo en general para todas las situaciones de la vida. A la Universidad El Bosque por brindarme las herramientas necesarias y a los docentes que directa o indirectamente estuvieron involucrados en mi proceso. Un agradecimiento especial para mi director de proyecto Jhon Fredy Arias por ser el guía y acompañar mi trabajo en esta última etapa.

Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Resumen | 12 |
| 2. Introducción | 13 |
| 3. Planteamiento del problema | 15 |
| 4. Justificación | 16 |
| 5. Relación área y línea de investigación..... | 17 |
| 5.1. Pregunta de investigación..... | 17 |
| 6. Objetivos..... | 18 |
| 6.1. Objetivo general | 18 |
| 6.2. Objetivos específicos..... | 18 |
| 7. Marco de referencia | 19 |
| 7.1. Marco geográfico | 19 |
| 7.1.1. Localización | 19 |
| 7.1.2. Distribución del Centro de Acondicionamiento Físico (CAF) | 21 |
| 7.2. Estado del arte | 22 |
| 7.2.1. Global..... | 22 |
| 7.2.2. Regional | 23 |
| 7.2.3. Local..... | 24 |
| 7.3. Marco teórico | 27 |
| 7.3.1. El Human Power (HP) como principal fuente de energía aprovechable para generación de energía eléctrica | 27 |
| 7.3.2. Generación de electricidad a partir de Sistemas de Generación Distribuida..... | 27 |
| 7.3.3. Pedales y bicicletas como fuente de generación de energía biomotriz más eficientes..... | 28 |
| 7.4. Marco conceptual | 28 |
| 7.4.1. Human Power (HP) o Energía Biomotriz..... | 28 |
| 7.4.2. Generación distribuida | 29 |
| 7.4.3. Sistemas mecánicos..... | 29 |
| 7.4.4. Generación de energía eléctrica..... | 29 |
| 7.4.5. Sistemas de generación por pedales | 30 |
| 7.4.6. Generación por poleas..... | 30 |
| 7.4.7. Generación por rodillos..... | 31 |
| 7.4.8. Generación por estrella | 31 |
| 7.4.9. Generación en la maza | 32 |
| 7.4.10. Generación por flujo axial..... | 33 |
| 7.4.11. Sistema de generación conjunta en elíptica..... | 33 |
| 7.4.12. Sistema de generación para banda caminadora..... | 34 |
| 7.4.13. Sistemas de generación aislados a la red | 34 |
| 7.4.14. Sistemas de generación conectados a la red | 35 |
| 7.4.15. Gimnasios verdes | 36 |
| 7.5. Marco normativo | 37 |
| 7.6. Marco institucional..... | 39 |
| 8. Metodología..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 8.1. Alcance..... | 39 |
| 9. Plan de trabajo | 47 |
| 10. Resultados, análisis y discusión..... | 49 |
| 10.1. Identificación de máquinas y equipos existentes apropiados para la implementación y desarrollo del modelo energético a proponer | 49 |
| 10.2. Revisión bibliográfica de modelos existentes..... | 50 |
| 10.3. Inventario de máquinas zona de peso y zona cardiovascular | 51 |
| 10.4. Definición de equipos a implementar en la propuesta de modelo | 52 |
| 10.5. Definición del concepto de generación..... | 52 |
| 10.6. Definición del sistema de generación | 54 |
| 10.7. Propuesta general del modelo de generación de energía | 55 |
| 10.8. Determinar el aporte del sistema de generación de energía al consumo del gimnasio..... | 56 |
| 10.9. Definición de la muestra para el desarrollo de las encuestas..... | 56 |
| 10.10. Desarrollo de las encuestas | 57 |
| 10.11. Cuantificación de la energía producida a partir del movimiento..... | 60 |
| 10.12. Energía consumida en el centro de acondicionamiento físico (CAF) | 64 |
| 10.13. Energía consumida por luminarias | 64 |
| 10.14. Cantidad de energía producida mensualmente a partir del movimiento y cantidad de energía consumida mensualmente..... | 67 |
| 10.15. Determinar la viabilidad de implementación del modelo a nivel técnico, económico, ecológico y social | 69 |
| 10.16. Viabilidad técnica | 69 |
| 10.17. Viabilidad económica | 72 |
| 10.18. Viabilidad ecológica | 74 |
| 10.19. Viabilidad Social | 75 |
| Conclusiones | 77 |
| Recomendaciones..... | 79 |
| Bibliografía | 81 |
| Anexos | 83 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Unidades de Planeación Zonal. Localidad de Usaquén..... | 19 |
| Figura 2. Mapa Universidad El Bosque – campus Usaquén..... | 20 |
| Figura 3. Ubicación del gimnasio Universidad El Bosque-Campus Usaquén..... | 20 |
| Figura 4. Distribución del CAF..... | 21 |
| Figura 5. Generador eléctrico elemental | 29 |
| Figura 6. Generador adaptado a un sistema de bicicleta..... | 30 |
| Figura 7. Concepto por poleas | 30 |
| Figura 8. Concepto por rodillos | 31 |
| Figura 9. Concepto por estrella | 32 |
| Figura 10. Concepto en la maza..... | 32 |
| Figura 11. Concepto por flujo axial | 33 |
| Figura 12. Sistema de generación conjunta para elíptica..... | 33 |
| Figura 13. Sistema de generación para banda caminadora | 34 |
| Figura 14. Sistema de generación aislado a la red | 35 |
| Figura 15. Sistema de generación conectado a la red | 35 |
| Figura 16. Actores involucrados | 39 |
| Figura 17. Desarrollo objetivo específico 1 | 45 |
| Figura 18. Desarrollo objetivo específico 2 | 45 |
| Figura 19. Desarrollo objetivo específico 3 | 46 |
| Figura 20. Diagrama de flujo para proposición del modelo | 49 |
| Figura 21. Prototipo máquina multifuerza | 50 |
| Figura 22. Bicicletas zona cardiovascular CAF – El Bosque | 51 |
| Figura 23. Propuesta general de sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz | 56 |
| Figura 24. Ecuación tamaño de la muestra | 57 |
| Figura 25. Ecuación definición de la muestra..... | 57 |
| Figura 26. Estadística de edades de población encuestada | 58 |
| Figura 27. Encuestados diferenciados por sexo | 58 |
| Figura 28. Estadística por tiempo de uso de bicicletas estáticas..... | 59 |
| Figura 29. Estadística por días de uso/semana de la bicicleta estática | 59 |
| Figura 30. Cálculo de kcal producidas por semana | 61 |
| Figura 31. Cálculo de kW producidos | 61 |
| Figura 32. kW/hora producidos a nivel ligero | 62 |
| Figura 33. kW/hora producidos a nivel medio..... | 62 |
| Figura 34. kW/hora producidos a nivel avanzado..... | 62 |
| Figura 35. Cálculo de kW producidos al mes | 63 |
| Figura 36. Cálculo de kW mensuales netos | 64 |
| Figura 37. Cálculo de kW/ mes consumidos por luminarias | 65 |
| Figura 38. Cálculo de kW/mes consumidos por equipos de cómputo..... | 65 |
| Figura 39. Cálculo de kW/mes consumidos por equipos varios | 66 |
| Figura 40. Cálculo de kW/mes consumidos por equipos de gimnasio | 67 |

| | |
|---|----|
| Figura 41. Total de kW/mes consumidos en el CAF | 67 |
| Figura 42. kW/mes producidos vs kW/mes consumidos | 68 |
| Figura 43. Acople generador TTech 12/24V | 69 |
| Figura 44. Regulador Wellsee WS-MPPT60 | 70 |
| Figura 45. Batería Outback Power EnergyCell 200RE..... | 71 |
| Figura 46. Inversor Y&H Grid Tie MPPT 1000W | 72 |
| Figura 47. Cálculo de \$/mes generados por actividad física..... | 73 |
| Figura 48. Tiempo de retorno de inversión..... | 74 |
| Figura 49. Cálculo de árboles ahorrados por Kg de CO ₂ | 75 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Marco legal | 84 |
| Tabla 2. Matriz de actividades técnicas e instrumentos | 44 |
| Tabla 3. Organigrama y cronograma | 47 |
| Tabla 4. Inventario máquinas CAF | 51 |
| Tabla 5. Definición de criterios de evaluación | 52 |
| Tabla 6. Puntajes de evaluación | 53 |
| Tabla 7. Matriz de evaluación de alternativas..... | 53 |
| Tabla 8. Matriz de cumplimiento de parámetros | 55 |
| Tabla 9. Kcal/h quemadas a diferentes niveles de uso de bicicleta | 60 |
| Tabla 10. Producción total de kcal/semana..... | 61 |
| Tabla 11. kW producidos por semana..... | 63 |
| Tabla 12. Inventario de luminarias y consumo kW/hora | 64 |
| Tabla 13. Inventario de equipos de computo y consumo en kW/hora | 65 |
| Tabla 14. Inventario de equipos varios y consumo en kW/hora..... | 66 |
| Tabla 15. Inventario de equipos de gimnasio y consumo en kW/hora | 66 |
| Tabla 16. kW/mes producidos y kW/mes consumidos en el CAF..... | 68 |
| Tabla 17. Costo de equipos del sistema de generación de energía | 73 |

Lista de anexos

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Modelo de encuesta desarrollado a los asistentes del CAF..... | 84 |
| Anexo 2. Datos obtenidos a 70 asistentes encuestados..... | 85 |
| Anexo 3. Datos obtenidos a baja intensidad | 86 |
| Anexo 4. Datos obtenidos a media intensidad | 87 |
| Anexo 5. Datos obtenidos a alta intensidad | 88 |
| Anexo 6. Total de kcal producidas por semana | 89 |
| Anexo 7. Total de kW producidos por semana..... | 90 |
| Anexo 8. Acople generador | 91 |
| Anexo 9. Recibo CODENSA periodo marzo – abril | 92 |
| Anexo 10. Kg de CO ₂ evitados..... | 93 |
| Anexo 11. Consumo elípticas | 94 |
| Anexo 12. Consumo caminadoras | 95 |
| Anexo 13. Bicicletas centro de acondicionamiento físico CAF | 96 |
| Anexo 14. Bicicleta modelo CAF..... | 97 |
| Anexo 15. Elípticas CAF | 98 |
| Anexo 16. Caminadoras CAF | 99 |
| Anexo 17. Centro de Acondicionamiento Físico (CAF) Universidad El Bosque – Campus Usaquén | 100 |

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

1. Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como temática principal la generación de energía eléctrica a partir del movimiento del cuerpo humano en la actividad física dentro de un gimnasio favoreciendo que estos espacios avancen hacia infraestructuras sustentables, objeto de estudio, el CAF (Centro de Acondicionamiento Físico) de la Universidad El Bosque. La demanda global de energía aumenta constantemente conforme la expansión y el crecimiento de la población se siga presentando, factor que con el paso de los años presenta una problemática importante frente a cómo lograr satisfacer dicha necesidad teniendo en cuenta que las formas de generación de energía en su mayoría provienen de recursos no renovables. A partir de lo anterior el proyecto tiene como objetivo plantear un modelo de transformación de energía biomotriz en energía eléctrica aplicable al gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén.

Dentro del proceso de formulación de la propuesta se tuvo en cuenta una metodología basada en técnicas de campo como la entrevista o encuestas y herramientas bibliográficas como artículos científicos así como la estimación de consumos y producción de energía para poder establecer la relación costo – beneficio. Como principal conclusión del proyecto, se demostró la posibilidad de generación de kW a partir del uso de la bicicleta estática y la viabilidad ambiental del proyecto frente al ahorro de consumo de recursos como lo son los árboles, además de la posibilidad de ampliar la producción de energía limpia en el CAF con el desarrollo conjunto de sistemas similares como los fotovoltaicos

Palabras clave: Human Power (HP), generación distribuida, energía biomotriz, energía no convencional.

Abstract

The main research topic of this current project is the generation of energy from the movement of the human body in physical activity and how from it, physical conditioning sites such as gymnasiums can be a form of sustainable infrastructure, such as place the PCC (Physical Conditioning Center) of the El Bosque University which was taken into account as a proposal for an energy generation model. The global demand of energy increases constantly as the expansion and the growth of the population continues rising as well, fact that with the pass of the years displays an important problematic as to how to obtain to satisfy said necessity taking into account that the forms of generation of energy mostly come from non-renewable resources. Based on the mentioned factors, the project aims to propose a model of transformation of biomotive energy in electrical energy applicable to the gymnasium of the El Bosque University - Usaquén Campus that manages to satisfy the energetic demand of the same. Within the process of formulating the proposal, a methodology based on field techniques such as interviews or surveys and bibliographic tools as scientific articles were taken into account. At the end it was concluded that it's possible to produce kW using the spinnign bicycle and how important it is for the environment because of the resources saved by this kind of alternative energy production, like a certain amount of threes, also it open the possibility to develop a full system of non conventional energy for the CAF by using additional systems like fotovoltaic systems.

Keywords: Human Power (HP), distributed generation, biomotive energy, non-conventional energy.

1. Introducción

La investigación actual presenta la propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica alternativa, a partir del movimiento del cuerpo humano y la actividad física, que hace parte del creciente desarrollo de formas de energía alternativa y no convencional que se ha venido presentado desde finales de los años noventa. El aumento de la demanda global de energía ha sido un problema que se ha venido abordando desde aproximadamente finales de los años noventa, con las primeras hipótesis del Human Power (HP) como fuente de generación de energía y la influencia que tiene la tasa metabólica dentro de los porcentajes energéticos producidos (Guilmore, 2008).

Diferentes proyectos han surgido desde entonces frente a la generación de energía por movimiento, enfocándose desde los primeros momentos en la generación de energía a partir de bicicletas o desarrollando prototipos de pedales generadores, ya que, McCullagh (1997) encontró dentro de sus primeros estudios que de acuerdo con la tasa metabólica y teniendo en cuenta variables como el peso y la duración del ejercicio, la bicicleta y las máquinas que se mueven a partir de pedales producen una mayor cantidad de energía. A partir del desarrollo investigativo que ha venido creciendo desde principios del nuevo milenio, se han venido desarrollando igualmente sistemas de generación distribuida en diferentes centros de acondicionamiento físico o gimnasios, delimitando un sector importante frente a la implementación de infraestructura sustentable como son los gimnasios, y fomentando la búsqueda y el desarrollo de sistemas de energía no convencionales como uno de las principales alternativas energéticas potenciales para el futuro. Con el paso del tiempo el desarrollo de dichos sistemas ha logrado trascender de prototipos que inicialmente podían ser solo creados para bicicletas a llegar en la actualidad a la adaptación de gimnasios a sistemas de generación de electricidad que logran autoabastecerse.

El presente proyecto ha logrado recopilar cierta cantidad de información para establecer una ruta puntual para lograr proponer un sistema de generación de energía eléctrica a partir del movimiento en el gimnasio de la Universidad El Bosque. Por medio de herramientas bibliográficas como artículos científicos se han logrado conocer los diferentes sistemas existentes frente a generación distribuida y de igual forma las diferentes metodologías para lograr proponer un determinado sistema aplicado al gimnasio de la Universidad El Bosque como lo son la aplicación de encuestas y entrevistas para captar la percepción de los usuarios del gimnasio frente al proyecto y recopilar información referente al uso periódico de las máquinas

Sin embargo, existen varias limitantes frente al proceso y la temática en general, ya que, las energías no convencionales son un tema que, aunque abordado en gran manera actualmente, sigue siendo una temática exploratoria con todo un campo tecnológico y científico por desarrollar y descubrir. Por otra parte, en Colombia, solo con la aparición de la ley 1715 de 2014 se ha impulsado el interés por los grandes sectores económicos y políticos para el impulso de nuevas formas de generación de energía y

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

estando situado el proyecto en el territorio nacional, las herramientas para el desarrollo de este no se presentan en gran manera.

La relevancia de la investigación en general es importante, contribuye a la solución de una problemática presente como lo es la producción de energía para el consumo de los humanos de una manera no convencional y que mitiga impactos frente a los sistemas convencionales a base de hidrocarburos, de igual forma, frente a la relevancia institucional, la Universidad El Bosque dentro de sus metas y políticas se encuentra en una transición a ser completamente sustentable, de acuerdo con el World University Green Metric Ranking de 2017, la universidad ocupa el puesto 106 a nivel mundial con 4754 puntos y la implementación de un proyecto como el propuesto actualmente genera un gran valor agregado para la misma y contribuye en el proceso de transformación de la institución. Los principales objetivos de la investigación son la propuesta de un sistema de generación de energía a partir del movimiento en el gimnasio y a partir de este comparar la energía producida por un sistema de generación distribuida frente a la energía consumida en el gimnasio, determinar cuáles son las máquinas y equipos apropiados para la implementación y establecer la viabilidad de la implementación del proyecto a nivel social, económico, ambiental y técnico, de manera que se pueda generar un aporte a la institución frente a la mitigación de impactos y a la sustentabilidad y a lograr una transición a la sustentabilidad en un tiempo no muy lejano.

2. Planteamiento del problema

En la última década la cultura “fitness”, fisicoculturismo y los estilos de vida saludables en general han venido tomando protagonismo en las sociedades alrededor del mundo por diferentes motivos que abarcan la salud, la autoestima o la zona de confort de las personas, aún más en los últimos 5 años donde ha llegado a ser una tendencia. Colombia no ha sido ajena al fenómeno mundial ya mencionado, una encuesta realizada por Raddar en el año 2008 expone que al menos el 40% de los colombianos de estrato tres estuvieron afiliados a un gimnasio y que aproximadamente cinco millones y medio de colombianos habrían pagado alguna vez por asistir a un establecimiento de ejercicios. De igual forma, de acuerdo con un registro realizado por la International Health, Racquet & Sportclub (IHSRA) entidad que reúne los gimnasios existentes a nivel global, en Colombia operaban 1.500 gimnasios de 160.000 existentes en el mundo para dicho año, lo cual indica que en Colombia están el 0,93% de los gimnasios del mundo, factor importante a tener en cuenta frente a las cifras de ganancia de este sector y su contribución al PIB nacional.

Es inminente el uso frecuente de los gimnasios en la actualidad día tras día, y teniendo una visión de la situación enfocada hacia la ingeniería ambiental como tal, surge la necesidad de generar un valor agregado a una costumbre que se establece e igualmente crece con el pasar de los años buscando ir más allá de un cuerpo saludable y armónico o un buen estado físico. En materia de ingeniería es importante tener en cuenta las alternativas desarrolladas y existentes hoy en día en materia tecnológica y de innovación como alternativas a las diferentes problemáticas como la planteada anteriormente. Las energías renovables son el medio más viable en cuestión de reemplazo o sustitución de energías fósiles o agotables, estas se definen como energías generadas a partir de fuentes de energía inagotables, tales como energía solar, hidráulica, eólica, biomasa (líquida, sólida o gasificada) y geotérmica (Barón & Mahecha, 2015). Las materias primas mencionadas anteriormente ponen a Colombia y a América Latina en una posición privilegiada dada la abundancia de los recursos naturales presentes por su posición geográfica, sin embargo, la tecnología e infraestructura actual no permite el desarrollo de las mismas ni la sustitución de los sistemas de energía convencionales, como es el caso de Colombia, donde, inclusive, ha sido necesario llegar a importar la energía, tal y como ocurrió en 1992 con la crisis energética de César Gaviria que intentó repetirse en el año 2015. Teniendo en cuenta la situación planteada y las tecnologías a conocer cabe plantear el cuestionamiento de ¿cómo aprovechar toda la energía generada por la actividad física? A partir de este cuestionamiento se plantea la proposición de un modelo que permita almacenar dicha energía para que posteriormente sea transformada en energía eléctrica y de esta manera, el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén logre desarrollar un aporte de energía limpia a su red eléctrica, de manera que se optimice el recurso de la energía y se generen beneficios en materia de impactos al medio ambiente y costos para empezar a construir un concepto de gimnasios sostenibles.

3. Justificación

A raíz de la constante demanda energética que día a día la población mundial requiere para su consumo propio y demás procesos o actividades involucradas en el diario vivir, el abastecimiento de energía eléctrica es una necesidad fundamental en general. Dadas las condiciones geográficas, socioeconómicas y políticas de algunas regiones, los sistemas de energía fósil y convencional de la gran mayoría de pueblos y ciudades del mundo no son aplicables por dificultades directamente relacionadas con las condiciones mencionadas anteriormente y por tanto surge la necesidad de recurrir a sistemas innovadores para su abastecimiento. Derivado del concepto de energías renovables, surge el concepto de la generación distribuida, estos son sistemas de micro generación de energía que se ubican en zonas donde la distribución de electricidad no tiene un fácil acceso, siendo esta en síntesis, la generación de energía para consumo propio (Carrión & Ortiz, 2015).

En Colombia, la generación distribuida ya se ha comenzado a implementar a pequeña escala, de acuerdo con una encuesta realizada por la ANDI, la generación distribuida o energías renovables no convencionales realizan un aporte de aproximadamente el 5% al sistema eléctrico colombiano, sin embargo, la energía biomotriz no es considerada aun como una fuente de energía renovable (Rodríguez Hernández A., 2009). Por otra parte, a nivel mundial ya existen diferentes modelos de adaptabilidad de generación distribuida aplicada a maquinaria de gimnasios tales como: “Eco generador de baja resolución a pedal” en la ciudad de Panamá desde el año 2008, “Green Microgym” en Portland, Estados Unidos, “Sport Club” en Nueva York, Estados Unidos, “Crowne Plaza Hotel” en Copenhague, Dinamarca, entre muchos otros. Sin embargo, tal y como es mencionado con anterioridad, no existe un modelo actual alrededor del mundo que haya sido implementado a un gimnasio de gran superficie o de cadena como lo es el caso de “Bodytech” a nivel nacional o de “L.A. Fitness” en Estados Unidos como ejemplo internacional (Benítez, González & Rosero, 2013).

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

4. Relación área y línea de investigación

Para el presente proyecto, de acuerdo con las áreas y líneas de investigación de la Universidad El Bosque, el desarrollo se da dentro del área de energía en la línea de infraestructura sustentable, ya que, el proyecto plantea la generación de energía eléctrica dentro de la producción de energía biomotriz conformando un sistema de producción energética y enfocándose en la línea de investigación de infraestructura sustentable de acuerdo a la propuesta de adecuación de un espacio construido actual de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén el cual es el CAF o Centro de Acondicionamiento Físico para producción de energía limpia y dándole un enfoque sustentable.

4.1. Pregunta de investigación

¿Cómo aprovechar la energía generada por la actividad física humana para producir energía eléctrica en el gimnasio de la Universidad El Bosque?

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

5. Objetivos

5.1. *Objetivo general*

Proponer un modelo de generación de energía eléctrica a partir del movimiento en el uso de equipos de acondicionamiento físico para el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén.

5.2. *Objetivos específicos*

Identificar las máquinas y equipos existentes más apropiados para la implementación y desarrollo del modelo de generación energética a proponer.

Determinar el aporte del sistema de generación de energía al consumo del gimnasio

Determinar la viabilidad de la implementación del modelo a nivel social, económico, ecológico y técnico.

6. Marco de referencia

6.1. Marco geográfico

6.1.1. Localización

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá D.C., tiene una extensión aproximada de 33 kilómetros de sur a norte y 16 kilómetros de oriente a occidente, se encuentra situada a 4°35'56" Norte y 74°04'51" Oeste (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017). Inmerso en la ciudad de Bogotá, el presente proyecto se ubica en la localidad 01 – Usaquén, esta limita al occidente con la autopista norte, al sur con la calle 100, al norte con los municipios de Chía y Sopó, y al oriente con el municipio de La Calera, tiene una extensión total de 6.532 (Ha) y 9 UPZ distribuidas entre usos residenciales, comerciales, urbanizables, entre otros (Trujillo Corredor, 2013).

Figura 1. Unidades de Planeación Zonal. Localidad de Usaquén



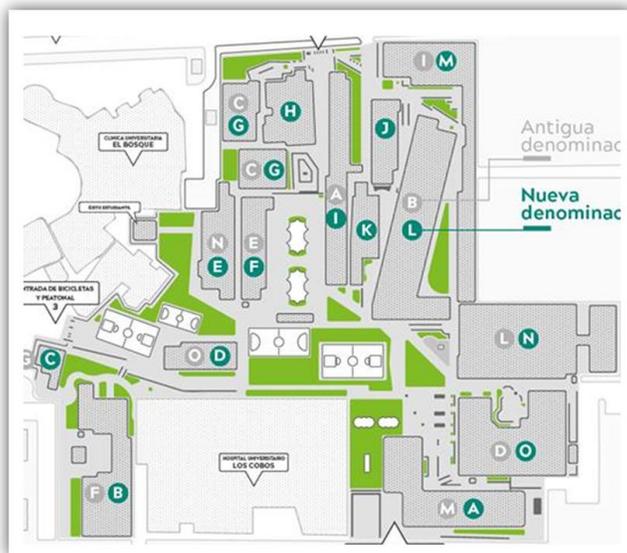
Fuente: http://miturismousaquen.blogspot.com/2013/05/mapa.html?_sm_au_=iVV78fFPvMJjnrjV

Al interior de la localidad, en la UPZ 14 – Usaquén se encuentra ubicada la Universidad El Bosque – Campus Usaquén, entre las calles 131 a y 133 y las carreras 9 y 7b. Fundada en 1977, cuenta con aproximadamente 11.951 estudiantes, 20 programas de pregrado, 70 de posgrado, tres cursos preuniversitarios y diferentes programas de educación continua. Cuenta con 16 bloques distribuidos entre aulas de clase, laboratorios, clínicas, espacios deportivos y de esparcimiento y oficinas administrativas (Universidad El Bosque, 2016).

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

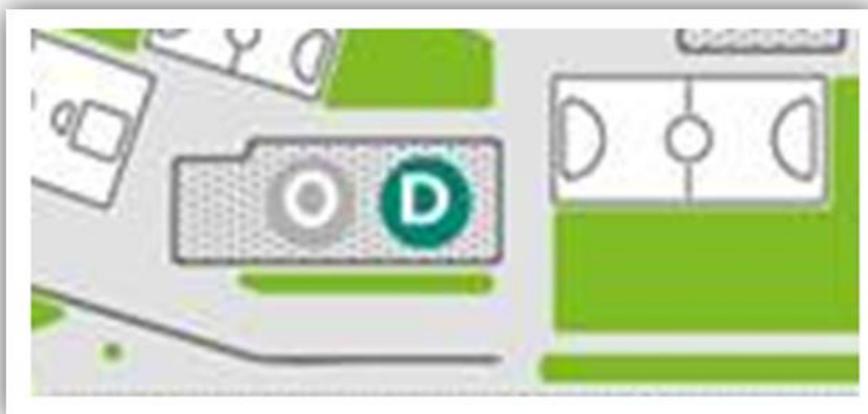
Figura 2. Mapa Universidad El Bosque – campus Usaquén



Fuente: <http://www.uelbosque.edu.co/nuestro-bosque/infraestructura>

El foco de la investigación se encuentra dentro de la Universidad El Bosque, en el bloque “D” junto al parqueadero de bicicletas en frente de las canchas deportivas y el bloque “E”, área correspondiente al gimnasio o CAF (Centro de Acondicionamiento Físico) de la universidad (Universidad El Bosque, 2016).

Figura 3. Ubicación del gimnasio Universidad El Bosque-Campus Usaquén



Fuente: <http://www.uelbosque.edu.co/nuestro-bosque/infraestructura>

6.1.2. Distribución del Centro de Acondicionamiento Físico (CAF)

El Centro de Acondicionamiento Físico (CAF) es un espacio deportivo de la Universidad El Bosque dentro de su campus Usaquén. Está conformado por una zona de baños y camerinos, zona de peso, zona de cardio y un salón para clases grupales. Se encuentra abierto de lunes a viernes de 6:00 am a 9:00 pm y sábados de 7:00 am a 1:00 pm, con un intervalo de descanso de 12:00 pm a 2:00 pm de lunes a viernes. El salón de clases grupales ofrece la posibilidad de entre 2 a 4 clases diarias de diferentes disciplinas y modalidades de lunes a sábado.

Figura 4. Distribución del CAF



Fuente: elaboración propia, 2018

6.2. *Estado del arte*

El consumo de energía al ser uno de los servicios básicos para el ser humano para su subsistencia y una de las fuentes vitales para el desarrollo de la vida ejerce para cada uno de los seres humanos un recurso primordial y que con el transcurrir de los años se enfrenta a demandas de la población cada vez mayores frente al agotamiento o disminución de algunas de sus fuentes. Dado el carácter de desarrollo energético que se estableció desde la revolución industrial centrandolo el modelo energético en la explotación de combustibles fósiles y energías convencionales, los impactos como la generación de gases de efecto invernadero además del carácter no renovable de las fuentes actuales plantean la necesidad de encontrar formas de energía no convencionales, innovadoras y de carácter renovable, tal y como se plantea en el séptimo objetivo del desarrollo sostenible de las naciones unidas, “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”. En la primera década del 2000, una de las alternativas que ha sido foco de investigación y desarrollo es la producción de energía por medio del movimiento humano. Tal y como lo plantean Barón & Mahecha (2015), el Human Power (HP) es la energía obtenida a partir de la actividad física del ser humano donde, de acuerdo con el libro *Essentials of exercise physiology* de W. Mcardle, el ser humano es capaz de liberar $1,07 \times 10^7$ Julios de energía al día con solo caminar.

6.2.1. *Global*

La materialización del concepto de la producción energética por medio del movimiento humano se puede ver a través del desarrollo de gimnasios sostenibles o gimnasios verdes, el desarrollo de estos espacios ha venido surgiendo a partir del año 2006 principalmente en Estados Unidos, Canadá y Europa.

Tal y como se aprecia en el artículo “Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity” escrito por Adam M. Gilmore de la Universidad de Guelph, Ontario, Canadá, para la revista Guelph Engineering Journal en el año 2008, se estimó que el Human Power (HP) podría tener una eficiencia en producción de energía eléctrica entre el 2,6 y 6,5% de acuerdo con diferentes variables que el autor tuvo en cuenta a la hora de realizar los cálculos. El proyecto se basó en el uso de un pedal adaptado a un transformador o convertidor de energía principalmente en bicicletas estáticas, ya que, tal y como lo plantea el autor, de acuerdo con McCullagh (1997) el ciclismo o el uso de la bicicleta estática es una de las formas más eficientes de transferencia de energía biomotriz a energía eléctrica, aproximadamente se obtiene un 25% de eficiencia frente a las cifras de uso común de las bicicletas estáticas. Entre los principales resultados obtenidos de la investigación, se logró cubrir aproximadamente un 8% de la energía que se consumía por mes en el gimnasio de la Universidad de Guelph. Como principal limitante la falta de una mayor infraestructura tecnológica fue determinante ya que, este factor repercutió directamente sobre la disponibilidad de presupuesto, dado el mínimo avance que ese tenía en materia para el año 2008 frente al desarrollo de tecnologías de soporte a formas no convencionales de producción de energía. Sin embargo, frente a la bibliografía principal consultada, el presente artículo planteó una metodología única, ya que, para el cálculo de la cantidad de energía producida por el ser

humano durante la actividad física se tuvieron en cuenta variables como energía metabólica, energía bruta, energía fecal, energía urinaria, energía superficial, energía perdida, tasa metabólica basal y masas de consumo de proteínas, carbohidratos, grasas, alcohol y fibra. El uso de estas variables tal y como se puede apreciar involucran en gran manera la ingesta, dieta y metabolismo de la persona, factor que arroja un cálculo y resultado mucho más preciso frente a otras metodologías planteadas en la bibliografía donde solo se tienen en cuenta variables de tiempo y velocidad (Guilmore, 2008).

Como una alternativa diferente y de igual forma en el año 2015, para la Universidad de Sevilla, España, se presentó el proyecto de grado “Sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas en un gimnasio y viabilidad de apoyo fotovoltaico” como opción de grado en ingeniería de las tecnologías industriales por parte de Pablo Bravo (2015). En el proyecto se planteó el determinar si es factible técnicamente el aprovechamiento de la energía cinética generada durante una actividad física tal como el spinning para transformarla en energía eléctrica por medio de elementos ya disponibles en el mercado. De igual forma se planteó como alternativa adicional la implementación de paneles fotovoltaicos que contribuyan a la generación de energía para consumo y abastecimiento propio del gimnasio en búsqueda de generar una energía limpia y una independencia de la energía eléctrica y de dicha manera una independencia económica. Como principales resultados se obtuvo una viabilidad económica dado el ahorro de energía generado por las bicicletas del establecimiento mientras que el alto costo de celdas fotovoltaicas limita el desarrollo de una idea más completa de gimnasio verde o gimnasio sostenible. A diferencia de lo que plantea la bibliografía ya mencionada, el presente proyecto buscó la articulación de paneles o celdas fotovoltaicas como parte de la estructura externa del gimnasio adicional al sistema de generación distribuida adaptado a las bicicletas lo cual sobre la teoría presentaría una mayor eficiencia energética, sin embargo, en el mercado actual las celdas y paneles fotovoltaicos representan un alto costo de inversión (Bravo, 2015).

En el año 2012 para la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como opción de grado en ingeniería mecatrónica se desarrolló y analizó en los diferentes pasos involucrados en el desarrollo de un sistema generador eléctrico por pedaleo, proponiendo la obtención de energía eléctrica mediante energía mecánica para la alimentación eléctrica de dispositivos de consumo, específicamente de dispositivos celulares, contemplando diferentes alternativas para la generación de energía como conceptos por poleas, flujo axial, maza y rodillos. Como principal producto del proyecto se obtuvo la proposición de un modelo innovador de generación de energía para bicicletas no estáticas agregando valor a la adaptabilidad de la propuesta (Carmona, Ortega & Sánchez, 2012).

6.2.2. *Regional*

El desarrollo de energías alternativas no convencionales en América del Sur, si bien no ha tenido un desarrollo a gran escala como se ha venido presentando en Europa, Asia y Norte América, ha venido incrementando su avance y desarrollo. La energía biomotriz o human power, ha venido tomando protagonismo por el crecimiento de la población asistente a los centros de acondicionamiento físico y gimnasios para gran parte de los países suramericanos.

En el año 2013 se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, el proyecto titulado “Adaptación de una bicicleta estática para generación de energía eléctrica y almacenamiento en una batería” donde se revisó bibliografía y documentos académicos y se hizo uso de instrumentos como la entrevista a conocedores de la temática para el asesoramiento frente a la adaptación de la bicicleta estática a un modelo de producción energética. A partir de la información recopilada se plantea un modelo de generación adaptando un generador por rodillos o fricción a un alternador, posteriormente a una batería o diodo, para finalmente por medio de un alternador convertir a corriente eléctrica para carga de dispositivos electrónicos. Como principal conclusión se demuestra la viabilidad energética del prototipo para cargar completamente una batería de 12 V conllevando a la viabilidad económica y ambiental del mismo (Aldas, Pástor, Ramos & Vayas, 2013).

Por otro lado, en el año 2016, se desarrolló el proyecto titulado “Diseño, evaluación energética y construcción de un vehículo caminador anti estrés prototipo con accionamiento en interfaz hombre – máquina mediante aprovechamiento del recurso solar fotovoltaico” como opción a título de ingeniería mecánica para la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) en Sangolquí, Ecuador. El proyecto plantea un prototipo de vehículo híbrido impulsado directamente al caminar por propulsión eléctrica y regulación de potencia, el carácter híbrido es el resultado de un conjunto de subsistemas como un kit eléctrico para bicicletas que a su vez consta de un motor de corriente continua de 450 W, un módulo de control, frenos y acelerador.

En el funcionamiento se alimenta el motor por baterías recargables de 12 V y 17 Ah con una autonomía de uso de 1 hora a una velocidad promedio de 8 km/h mientras que el usuario de acuerdo con las estimaciones camina a una velocidad de 2,8 km/h. Su carácter híbrido le da un valor agregado frente a la versatilidad de carga ya que cargarse mediante un sistema directo a la red eléctrica, mediante paneles solares y el híbrido de ambas, siendo esta última la que presenta un menor tiempo de carga. Como principal conclusión se obtuvo que el desarrollo de este tipo de prototipos incentivan a la gente a la actividad física de una manera innovadora e interactiva y contribuyendo al ambiente con el impulso de energías no convencionales, de igual forma, se calculó el costo del vehículo propuesto en aproximadamente 1210 USD, siendo este un precio competitivo frente al promedio de vehículos con características similares con un precio de alrededor de 2400 USD (Barba & Chiluzza, 2016).

6.2.3. *Local*

En Colombia, la búsqueda y desarrollo de energías no convencionales ha venido aumentando, aunque si bien de una manera más lenta frente a Norte América y Europa, a partir del año 2013 se vienen desarrollando proyectos de generación de energía por medio del movimiento biomotriz o el human power (HP). En el año 2013, se publicó el artículo “Producción energética en un modelo para gimnasios colombianos” escrito por Benítez, González & Rosero (2013) para la revista científica “Visión”, plantea el desarrollo de los sistemas de generación distribuida en Colombia, sistemas fundamentales y pilares para el desarrollo de la energía biomotriz. El artículo presenta un modelo de generación de energía conjunta desde varias máquinas, como alternativa para ser presentada en un

gimnasio. El desarrollo de la investigación se basó en el estudio de los procesos, desde la fuente primaria y el generador, hasta la cuantificación de cantidades de energía que son capaces de producir bicicletas de spinning y elípticas en un período de tiempo. La metodología consto en tomar dos gimnasios colombianos y evaluar técnicamente la energía cinética generada de manera que se determinara la maquina más eficiente y la cantidad de energía que se puede producir a partir de ella, posteriormente, se realizó un diseño de simulación con parámetros definidos. Los resultados se obtuvieron de la comparación de curvas de energía generada vs energía consumida y se estudió la viabilidad del prototipo RETscreen International V.4.0. Como resultados principales se obtuvo la generación por medio de bicicletas de aproximadamente 7947 kWh al mes en un gimnasio grande, equivalente a US\$ 185/mes (US\$0,02/kWh). Frente a las principales limitantes, tal y como se presenta en gran parte de las investigaciones, le inversión a realizar puede llegar a ser de grandes magnitudes de acuerdo a la escala del modelo, sin embargo es garantizado el retorno de la inversión, este puede llegar a tardar un período de tiempo medio, tal y como ocurre para el caso mencionado, donde se planteó una inversión inicial de US\$ 2647 con un tiempo de retorno de 2 años pero llegando a generar ahorro de \$13530 al cabo de 10 años, por otro lado, los generadores actuales del mercado no tienen una infraestructura tecnológica suficiente para la producción de energía a gran escala (Benítez, González & Rosero, 2013).

Para el mismo año, el artículo “Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos” escrito por Diego Carrión y Leony Ortiz (2015) para la revista de ciencia y tecnología “Ingenius”, este artículo hace referencia a las diferentes formas de generar electricidad en los sistemas de generación distribuida creando micro redes eléctricas, las cuales necesitan sistemas de gestión de electricidad. La generación distribuida se ha convertido en la mejor alternativa para reducir el consumo de energía en las edificaciones y también para generar ingresos económicos adicionales. La importancia de generar electricidad desde las propias edificaciones ha hecho que el ser humano vaya elaborando distintos dispositivos para aprovechar las diferentes y variadas energías, siendo las más usuales: la solar y eólica. Tal y como se ha venido planteando, el aprovechamiento del movimiento de las máquinas estáticas para hacer ejercicio es una nueva fuente para generar electricidad, muy poco aprovechada y por ello es necesario verificar como es su comportamiento asociada a una micro red eléctrica y al sistema de gestión energética. Al finalizar este proyecto, se tuvo un enfoque como punto de partida para futuras investigaciones en lo referente a generación distribuida usando máquinas estáticas para ejercicio. Dentro de los resultados principales, la metodología especificada uso la implementación de bioseñales, que indican el estado de salud de la persona además de la cantidad de energía que genera. Como contribución frente a la bibliografía restante consultada, el presente artículo para el desarrollo de las bioseñales, introdujo un software que monitorea el estado de salud de las personas junto con la energía en kWh que van produciendo (Carrión & Ortiz, 2015).

En el año 2015, para opción de grado en el programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de La Salle, Solano González (2015) presentó como proyecto de grado un “Estudio de viabilidad técnica de generación de energía eléctrica por medio de energía biomotriz”, el proyecto hizo énfasis principalmente en las componentes técnicas de electricidad y el desarrollo de los generadores y transformadores de la energía biomotriz en energía eléctrica, un factor de vital importancia en el

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

desarrollo del proyecto a tratar pero no significativo frente al componente del ambiente. Sin embargo, como metodología planteo el desarrollo de un prototipo denominado bici generador para bicicletas y se implementaron pruebas en el gimnasio Titán de Alamos Norte. El bici generador reduce el consumo mensual de energía a la mitad y la energía biomotriz generada por un mes abastece la del mes siguiente siendo un modelo con resultados positivos y rentables. La contribución principal de dicho proyecto se evidencia en la implementación del prototipo a un gimnasio real demostrando por medio de los cálculos realizados la viabilidad energética y económica (Solano González, 2015).

Durante el mismo año, como opción de grado en el programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás, Barón & Mahecha (2015) presentaron el proyecto “Construcción de prototipo de máquina multifuerza para la generación de energía eléctrica por medio de esfuerzo físico como suplemento a la demanda energética”, en el cual, se desarrolló un prototipo de una máquina multifuerza integrando movimientos de brazo, espalda y pierna, generadora de energía eléctrica a partir de energía biomotriz o por el movimiento de la persona. Frente a los resultados más destacados de dicho proyecto, se dio la implementación en el gimnasio Training & Fitness Gym y en un hogar habitado por 3 adultos generando un ahorro promedio de \$936,500 y 11,18% de reducción en emisiones de CO₂ de acuerdo con la huella de carbono calculada por la página myclimate.org. Entre las principales contribuciones del proyecto de investigación, desde una postura de ingeniería ambiental, se comprobó mediante la implementación de generación distribuida disminuir la huella de carbono de un establecimiento y un hogar (Barón & Mahecha, 2015).

Como una alternativa distinta, se propuso en el año 2017 como opción para título de ingeniería mecánica en la Fundación Universidad de América, un diseño de generación de energía a partir de un prototipo de elíptica enfocado al aprovechamiento de la energía en espacios públicos como áreas comunes de barrios o lugares de esparcimiento. Dentro del desarrollo del prototipo se analiza el funcionamiento basal de la elíptica y a partir del mismo se generan diferentes alternativas de generación dentro de la consideración de la construcción del modelo, contempladas dentro de una fase de transmisión de potencia, fase de generación y fase de almacenamiento de energía convertida. En el desarrollo del prototipo se generan cálculos teniendo en cuenta condiciones de generación de una persona de 70 kg y una generación promedio de 840 w. Finalmente se verificó los cálculos mediante una simulación con elementos finitos bajo la simulación de condiciones extremas para el prototipo, concluyendo la viabilidad ambiental, energética y económica siempre y cuando se fabriquen prototipos a gran escala (Salamanca, 2017)

Finalmente, y de acuerdo con la bibliografía mencionada anteriormente, el desarrollo de la producción de energía en espacios de actividad física como los gimnasios ha tenido como base desde sus principios teorías como el HP o human power como principal materia de desarrollo de la energía, los sistemas de generación distribuida como principal sistema para la generación de energía por medio de energía biomotriz y la generación de energía eléctrica a partir del uso de pedales y bicicletas como principal forma de actividad física frente al rendimiento energético presentado a lo largo de la investigación.

6.3. Marco teórico

6.3.1. *El Human Power (HP) como principal fuente de energía aprovechable para generación de energía eléctrica*

El autor Adam M. Gilmore de la Universidad de Guelph, Ontario, Canadá, a través de la investigación desarrollada y publicada en su artículo “Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity”, define el human power (HP) como la energía producida por el ser humano al realizar una actividad física, mediante la cual, de acuerdo con variables como el metabolismo, la ingesta y la dieta se pueden obtener valores de eficiencia energética entre el 2,6 y 6,5 %. Como forma de energía no convencional, el autor plantea el gran potencial que representa la actividad física del ser humano, ya que, el movimiento es producido continuamente y la materia prima base de su producción es la población humana que no es considerada en la actualidad como un factor inagotable (Guilmore, 2008). De igual forma, el human power (HP), es planteado por (Barón & Mahecha, 2015) como una de las formas de energía no convencional más desarrolladas en la actualidad, de acuerdo con la investigación realizada, se plantea que al caminar un individuo es capaz de liberar hasta $1,07 \times 10^7$ Julios, esta forma de energía es tomada como una de las principales fuentes aprovechables para su transformación eléctrica, dicho proceso es planteado como exergía, la cual propone la potencialización máxima del trabajo que se realiza al aprovechar la energía del entorno involucrando la segunda ley de la termodinámica (entropía).

6.3.2. *Generación de electricidad a partir de Sistemas de Generación Distribuida*

De acuerdo con el artículo *Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos* escrito por Diego Carrión y Leony Ortiz para la revista de ciencia y tecnología “Ingenius”, se plantean los sistemas de generación distribuida como forma principal de transformación de energía no convencional en energía eléctrica, estos sistemas son definidos como sistemas de microgeneración de energía que surgen a raíz de la necesidad de suplir la demanda energética en zonas donde la red de distribución de electricidad no es accesible o es precaria, donde es síntesis, la generación distribuida es la generación de electricidad para consumo propio. Estos sistemas de energía no convencional actualmente son una de las alternativas para reducir el consumo de energía en edificaciones y de igual forma generar rentabilidad económica ya sea por ahorro o ganancia y de esta forma establecer como principales fuentes de aprovechamiento energético la energía solar y eólica (Carrión & Ortiz, 2015).

A su vez, en el artículo “Producción energética en un modelo para gimnasios colombianos” escrito por Benítez, González & Rosero (2013) para la revista científica “Visión” se plantea la generación distribuida como principal fuente de aprovechamiento de energía renovables o excedentarias, factor determinante en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero abriéndose lugar como una de las soluciones energéticas sostenibles más prometedoras en la actualidad. El desarrollo de estos sistemas conectados en baja tensión y de pequeño porte, denominada microgeneración, permiten incrementar la confiabilidad y eficiencia del sistema al reducir las pérdidas en las redes de transmisión y distribución. Entre las ventajas principales de estas micro redes se encuentran la obtención de un mayor

control de energía reactiva y regulación del voltaje, disminución en las inversiones de redes de transmisión y distribución, mejoran las adaptaciones a las variaciones de la demanda y disminuyen la dependencia de los sistemas centralizados, entre otras (Benítez, González & Rosero, 2013).

6.3.3. Pedales y bicicletas como fuente de generación de energía biomotriz más eficientes

De acuerdo con lo planteado en el artículo “Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity” del autor Adam M. Gilmore de la Universidad de Guelph, Ontario, Canadá, la eficiencia en la conversión de la energía está directamente relacionada con el tipo de actividad física que realice el individuo, para el desarrollo de su investigación tuvo en cuenta actividades de ciclismo, levantamiento, caminata y trotar o correr, obteniendo diferentes resultados en eficiencia para cada uno de ellos. De acuerdo con su investigación el uso de la bicicleta es considerado el medio más eficiente de transferencia de energía mecánica a energía eléctrica, la variable principal que se tuvo en cuenta fue la energía metabólica liberada por el individuo al realizar la actividad, donde el uso de la bicicleta es aproximadamente un 25% eficiente en producción energética. De igual forma, la relación entre la energía metabólica liberada en la bicicleta frente a la energía mecánica obtenida presenta un comportamiento lineal y directamente proporcional (Guilmore, 2008). A su vez, en el proyecto “Estudio de viabilidad técnica de generación de energía eléctrica por medio de energía biomotriz” de Solano González (2015), se plantea la teoría de la energía de los pedales, donde los sistemas desarrollados por pedales como las bicicletas, han sido protagonistas como formas alternativas de energía desde los años 90, ya que por medio de los pedales se puede producir energía mecánica al igual que pueden ser generadores de electricidad. Esta teoría fue primeramente formulada mediante máquinas denominadas “dynapod” o dínamo de pie, que no fueron más que pedales conectados a un sistema productivo, como ejemplos básicos de ello se plantearon la proporción de iluminación y bombeo de agua como sistemas eléctricos y moler grano o coser por medio de pedales como sistemas mecánicos (Solano González, 2015).

6.4. Marco conceptual

6.4.1. Human Power (HP) o Energía Biomotriz

El Human Power (HP) o Poder Humano al igual que la energía biomotriz, se define como la capacidad del ser humano o individuo para producir energía al realizar una actividad física que involucre cualquier tipo de movimiento o fuerza impulsora. De acuerdo con cierto tipo de variables relacionadas con el metabolismo, la ingesta y la dieta puede variar la eficiencia en materia energética del movimiento del individuo, calculada en general entre un 2,6 y 6,5% (Guilmore, 2008). Es también definido como una de las fuentes de energía no convencional más desarrolladas en la actualidad, donde al caminar un individuo es capaz de liberar hasta $1,07 \times 10^7$ Julios, esta forma de energía es tomada como una de las principales fuentes aprovechables para su transformación eléctrica, dicho proceso es planteado como exergía, la cual propone la potencialización máxima del trabajo que se realiza al

aprovechar la energía del entorno involucrando la segunda ley de la termodinámica (entropía) (Barón & Mahecha, 2015). El Human Power (HP) es uno de los principales conceptos de la investigación a realizar, ya que, es la materia prima del proceso de generación de energía eléctrica.

6.4.2. Generación distribuida

Se define como forma principal de transformación de energía no convencional en energía eléctrica. Estos sistemas de energía no convencional actualmente son una de las alternativas para reducir el consumo de energía en edificaciones y de igual forma generar rentabilidad económica ya sea por ahorro o ganancia y de esta forma establecer como principales fuentes de aprovechamiento energético la energía solar y eólica (Carrión & Ortiz, 2015). Adicionalmente, Benítez, González & Rosero (2013) definen la generación distribuida como factor determinante en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero abriéndose lugar como una de las soluciones energéticas sostenibles más prometedoras en la actualidad.

6.4.3. Sistemas mecánicos

Se define como la combinación de mecanismos que transforman velocidades, fuerzas, trayectoria y/o energías a partir de transformaciones intermedias (Barón & Mahecha, 2015). Se encuentran conformados por tres sistemas básicos: Sistema motriz o, de entrada: el cual recibe la energía de entrada para transmitirla o transformarla; Sistema transmisor: encargado de modificar la energía o movimiento proporcionado por el sistema motriz y Sistema receptor o de salida: objetivo del sistema mecánico el cual realiza el trabajo con la energía proveniente del sistema transmisor.

6.4.4. Generación de energía eléctrica

Se realiza a través de un generador eléctrico, este equipo permite la conversión de la energía mecánica en energía eléctrica, su funcionamiento se basa en el funcionamiento de un motor invertido los cuales en su gran mayoría producen corriente alterna (Buffa, 2003). De igual forma es definido como la forma mediante la cual se distribuye la energía de una manera eficiente, estableciendo como prioridad la energización. A partir de modelos matemáticos de optimización se puede elegir entre que dispositivo encender y apagar de manera que estos sistemas consideran muchos algoritmos de control vinculados a la optimización de la energía (Carrión & Ortiz, 2015).

Figura 5. Generador eléctrico elemental

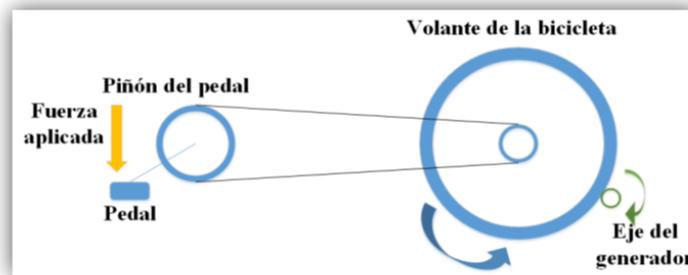


Fuente: Barón & Mahecha, 2015

6.4.5. Sistemas de generación por pedales

Dentro de los sistemas de generación de energía existentes, el más común por viabilidad técnica, económica y rentabilidad energética principalmente es el sistema de generación distribuida adaptado a pedales o bicicletas estáticas (Guilmore, 2008). Las bicicletas estáticas funcionan de manera constante en su rotación al ejercer el movimiento, generando energía cinética que por medio de un generador eléctrico adaptado a la rueda rotacional de estos sistemas transformándola en una corriente continua.

Figura 6. Generador adaptado a un sistema de bicicleta

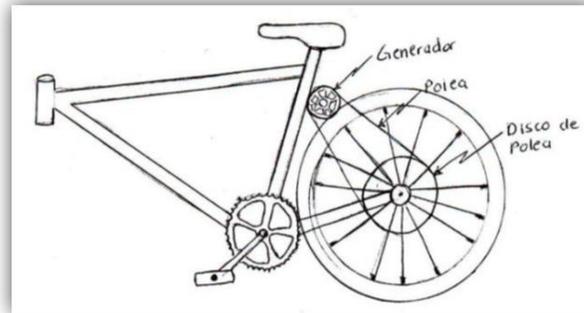


Fuente: Carrión & Ortiz, 2015

6.4.6. Generación por poleas

La generación de energía por pedales puede implementar una estructura por poleas, principalmente para estructuras no fijas, o bicicletas en su mayoría no estáticas. La estructura consta de un generador ubicado en una parte segura de la bicicleta (debajo del asiento) y conectarlo por medio de una polea a los discos traseros de la rueda, de manera que además de la polea existente entre los pedales y la rueda trasera, se adicionará la polea de la rueda al generador (Carmona, Ortega & Sánchez, 2012).

Figura 7. Concepto por poleas

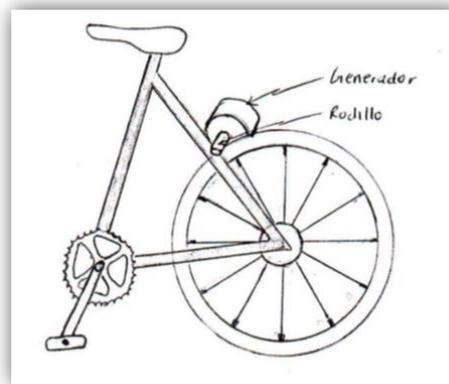


Fuente: Carmona, Ortega & Sánchez, 2012

6.4.7. Generación por rodillos

El concepto de generación por rodillos presenta una mayor adaptabilidad tanto para estructuras fijas como para estructuras no fijas de manera que aventaja a la gran mayoría de conceptos de generación adicionales. Este concepto plantea la generación de energía por contacto o fricción con la rueda que genera la fuerza, en caso de ser una estructura fija, se debe soportar por rodillos de manera que sea adaptable a un sistema de generación (Carmona, Ortega & Sánchez, 2012).

Figura 8. Concepto por rodillos



Fuente: Carmona, Ortega & Sánchez, 2012

6.4.8. Generación por estrella

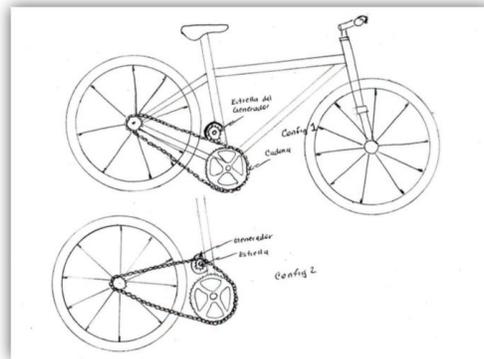
La generación de energía a partir del concepto de estrella plantea el mismo funcionamiento general de la bicicleta, donde una estrella constituida por piñones se adapta a una cadena impulsada por pedaleo. En este caso, se adiciona una estrella, normalmente a una escala menor y esta puede

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

adicionarse al sistema inicial de cadena o adaptarse externamente a la misma. Este concepto se plantea generalmente para estructuras no fijas (Carmona, Ortega & Sánchez, 2012).

Figura 9. Concepto por estrella

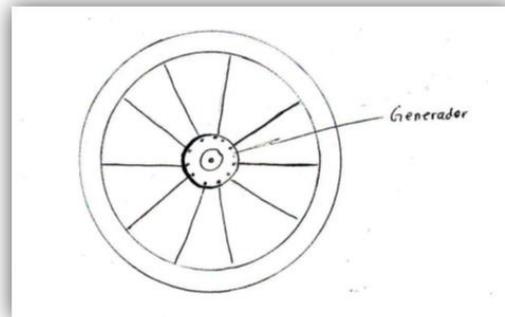


Fuente: Carmona, Ortega & Sánchez, 2012

6.4.9. Generación en la maza

Este concepto propone el diseño de un generador que se coloque en el centro de la rueda de la bicicleta denominado maza, fijando el generador a los tornillos de las tijeras, de manera que con la fuerza del giro se genere electricidad (Carmona, Ortega & Sánchez, 2012).

Figura 10. Concepto en la maza

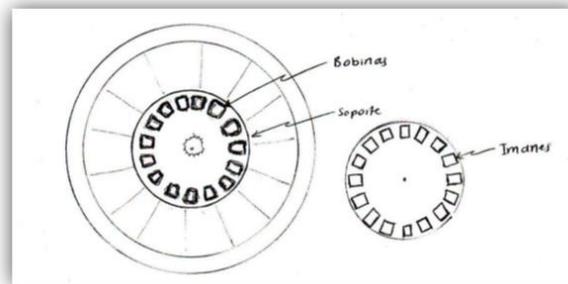


Fuente: Carmona, Ortega & Sánchez, 2012

6.4.10. Generación por flujo axial

El concepto propone dos discos sujetos a los rayos de la rueda, donde un disco este compuesto por unas bobinas fijas de manera ordenada y otro que esté compuesto por imanes (Carmona, Ortega & Sánchez, 2012).

Figura 11. Concepto por flujo axial



Fuente: Carmona, Ortega & Sánchez, 2012

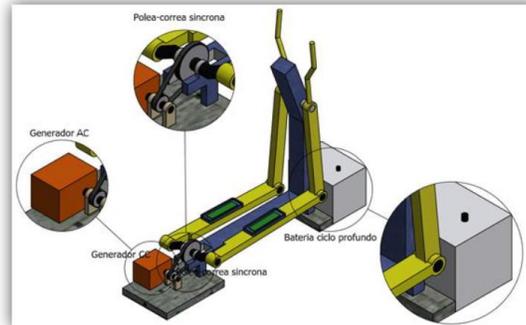
6.4.11. Sistema de generación conjunta en elíptica

Como alternativa de desarrollo entre diferentes equipos de gimnasio, se plantea un sistema de generación conjunta para una elíptica. En principio su planteamiento es similar al de pedaleo por poleas, pero teniendo en cuenta las diferencias con el movimiento de la bicicleta, se propone adicionar conceptos de generación, en este caso: un sistema de poleas por correa y la adaptación de piezómetros a la base de los pies de la elíptica (Salamanca, 2017)

Figura 12. Sistema de generación conjunta para elíptica

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

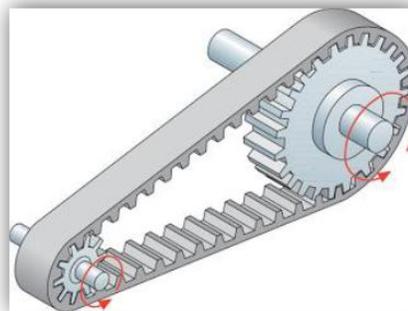


Fuente: Salamanca, 2017

6.4.12. Sistema de generación para banda caminadora

Frente a las alternativas existentes para las bandas caminadoras y trotadoras, se emplean modelos similares a los mencionados para bicicletas y elípticas, ya que, se parte de la base de la energía mecánica. Dentro de los modelos encontrados se encuentra la generación de energía por transmisión por banda, donde se emplea una banda dentada conjunta para dos poleas similares a la de la bicicleta pero con una inclinación en forma de pendiente para generar fricción. Este sistema propuesto se apoya de alternativas como adaptación de paneles solares dentro de la misma caminadora, ya que la producción se considera baja y con complejidad de implementación a nivel técnico (Barba & Chiluíza, 2016).

Figura 13. Sistema de generación para banda caminadora



Fuente: Barba Chiluíza, 2016

6.4.13. Sistemas de generación aislados a la red

Los sistemas de generación aislados a la red están diseñados para el aprovechamiento de energía ya sea eólica y/o fotovoltaica en la mayoría de los casos, sin embargo, también se ha desarrollado su aplicación en equipos como las bicicletas estáticas. Su diseño consta de la fuente de energía, ya sea un

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

panel, una turbina o una bicicleta estática, la cual envía la energía a un regulador que la distribuye a una batería para almacenamiento y a un inversor para su aprovechamiento como corriente eléctrica. Este tipo de sistema es el más recomendado, ya que, al hacer uso de baterías para almacenamiento se puede consumir toda la energía producida (Carrión & Ortiz, 2015).

Figura 14. Sistema de generación aislado a la red



Fuente: Carrión & Ortiz, 2015

6.4.14. Sistemas de generación conectados a la red

Los sistemas de generación conectados a la red plantean un modelo similar al de los sistemas aislados pero sin hacer uso de baterías o herramientas de almacenamiento, ni de reguladores, es decir, la energía generada por cualquiera que sea el equipo es enviada a un inversor que inyecta la corriente eléctrica directamente a la red de electricidad del lugar o establecimiento. Este tipo de sistemas aunque generalmente son más económicos, al no tener baterías de almacenamiento no logran hacer uso de toda la energía generada en la mayoría de los casos, sin embargo, se recomienda si la cantidad de energía generada es alta y si existe legislación acerca de tarifas de compra de energía limpia en el lugar de aplicación ya que generaría mayores ingresos (Visiga, 2009).

Figura 15. Sistema de generación conectado a la red

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



Fuente: Carrión & Ortiz, 2015

6.4.15. Gimnasios verdes

A raíz de la incipiente necesidad por alternativas energéticas aplicadas al diario vivir del ser humano y en búsqueda del desprendimiento de los modelos energéticos fósiles y convencionales, surgen energías no convencionales entre las cuales se encuentra la generada por la obtención de energía a partir de la actividad física de un individuo. Esta energía es denominada como HP (Human Power). Aprovechando el movimiento generado en los gimnasios surge el concepto de gimnasios verdes que basan su sustentabilidad en consumir la energía que producen de manera que sea autoabastecimiento, de igual forma, plantean la implementación de infraestructura con energía no convencionales como techos o muros con paneles solares o fotovoltaicos, Green Roofs y arquitectura y paisajismo de aprovechamiento de la luz natural (Mechtenberg, Borches, Wokulira, Hormasji, Hariharan & Makanda, 2012).

6.4.16. Energía endosomática

El concepto de energía endosomática surge del entendimiento de la energía existente al realizar un trabajo, en este caso particular, generada por el metabolismo de los seres humanos directamente. Se estima que un individuo promedio precisa entre 2000 y 3000 Kilocalorías diariamente en forma de alimento, sin embargo, dicha estimación cuantitativa va a ser dependiente de variables como la edad, sexo, condición física y ejercicio que se realice. De igual forma, se afirma que la energía endosomática utilizada en general por los seres humanos, excluyendo la población infantil oscila en tiempos no mayores de 4 a 1, ya que, estos valores delimitan la sobrealimentación y la desnutrición. Es por ello que la distribución cuantitativa de la energía endosomática debe variar entre individuos de la misma sociedad y entre distintas sociedades (Asensio, García & Martínez, 1998).

6.4.17. Energía exosomática

Se considera como energía exosomática a toda energía auxiliar que proviene de diversas fuentes de energía. A partir de allí se plantean dos situaciones a nivel de distintas sociedades y es donde la energía endosomática no es rebasada por la energía exosomática y donde la energía exosomática llega a rebasar la energía endosomática hasta en 100 veces, principalmente en las sociedades denominadas como industrializadas (Asensio, García & Martínez, 1998).

6.5. Marco normativo

Dentro del marco legal establecido a continuación, se contemplan las principales normas existentes actualmente que a consideración del autor se involucran en mayor manera en el sector de gestión energética y el medio ambiente. Tal y como se plantea en la tabla 1, se encuentra la normativa desde normas constitucionales y posteriormente leyes, decretos, políticas e ISO enmarcadas dentro de la producción más limpia, la gestión energética y del ambiente.

Tabla 1. Marco legal

| Norma | Entidad | Descripción |
|--|--------------------------------------|---|
| Constitucional | | |
| Constitución Política de Colombia - 1991 | Asamblea Nacional Constituyente 1991 | El estado será el encargado de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, a fin de garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución, además de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental imponiendo las sanciones legales y exigiendo la reparación de los daños causados (Molina Triana, 2011). |
| Leyes | | |
| Ley 99 de 1993 | Congreso de Colombia | Emitida por el Congreso de Colombia, por la cual se crea el ministerio de ambiente y se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) (Barón & Mahecha, 2015). |
| Ley 697 de 2001 | Congreso de Colombia | Fomenta el uso racional y eficiente de la energía eléctrica y promueve la utilización de energías alternativas (Barón & Mahecha, 2015). |
| Ley 1715 de 2014 | Congreso de Colombia | Promueve el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente las de carácter renovable, a partir de su integración al mercado eléctrico y demás usos como medio necesario para un desarrollo económico sostenible, reducción de emisiones de GEI y la seguridad de abastecimiento energético (Barón & Mahecha, 2015). |

| Decretos | | |
|----------------------|----------------------------|--|
| Decreto 3683 de 2003 | Presidente de la República | Reglamenta el uso racional de la energía asegurando el pleno abastecimiento y de manera oportuna y promocionando fuentes no convencionales de energía (Barón & Mahecha, 2015). |
| Decreto 2688 de 2008 | Presidente de la República | Mediante el cual se modifica el Decreto 3683 de 2003 en algunos numerales (Barón & Mahecha, 2015). |

Tabla 1. (continuación)

| Norma | Entidad | Descripción |
|--|---|---|
| Decreto 0570 de 2018 | Ministerio de minas y energía | Se dan los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica. Da los lineamientos básicos para diversificar la matriz energética Colombiana, promoviendo la adaptación del país al cambio climático y tomando riendas frente a los compromisos adquiridos en la COP 21 frente a la reducción de 20% de emisiones de GEI. (Ministerio de Minas y Energía, 2018). |
| Políticas Nacionales | | |
| Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se integra la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado Colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). |
| ISO (Organización Internacional de Normalización) | | |
| ISO 5001 de 2011 | Comité Técnico ISO | Emitida por el comité técnico ISO y reglamentada bajo la ANDI. Consiste en facilitar los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético de las organizaciones (Rodríguez Hernández A., 2009). |

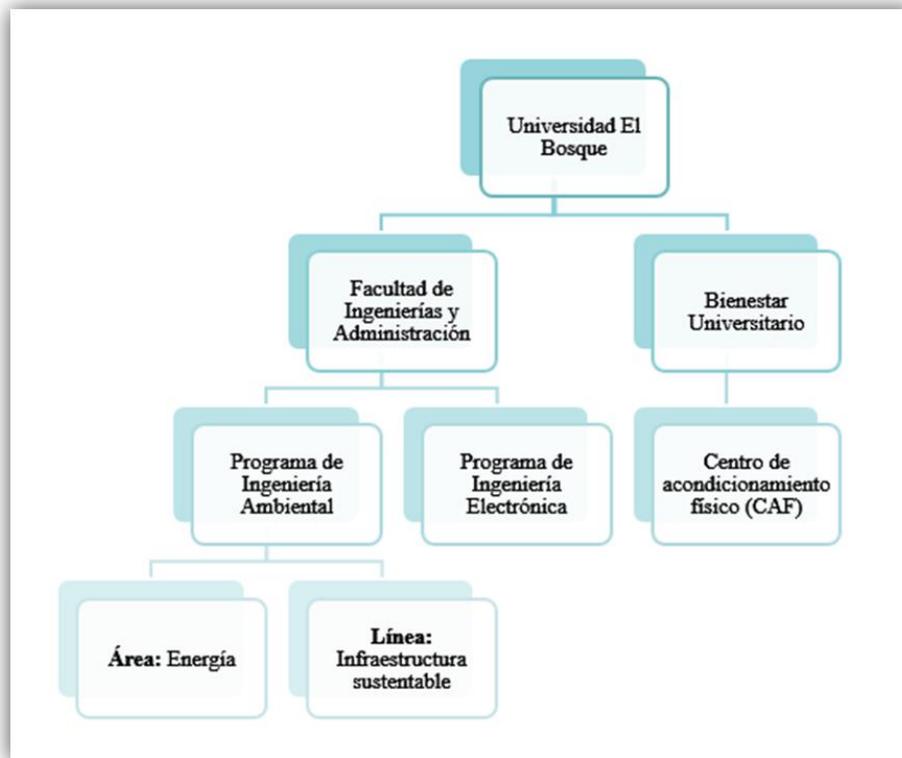
Fuente: elaboración propia, 2018

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

6.6. Marco institucional

Figura 16. Actores involucrados



Fuente: elaboración propia, 2018

7. Metodología

7.1. Alcance

Según la metodología de la investigación planteada por (Hernández Sampieri, 2014), dentro de los alcances mencionados por el autor, el presente proyecto de investigación en primera medida tiene un alcance exploratorio, ya que, el desarrollo de energías alternativas y no convencionales es un tema de investigación poco estudiado en general en la actualidad. De acuerdo con la bibliografía consultada con anterioridad, el desarrollo de modelos de generación de energía en gimnasios han quedado formulados y han sido aplicados a manera de prototipos, pero no existe en la actualidad un modelo aplicado y exitoso, de manera que el alcance exploratorio encamina el proyecto a la consulta y descubrimiento de teorías para de esa manera contribuir al proceso de desarrollo de energías que se viene presentando en la última década. Por otro lado, dentro de la temática de la investigación el alcance correlacional ocupa un lugar muy importante, ya que, el desarrollo de modelos de generación de energía para gimnasios o en general de generación distribuida involucran un grupo de teorías y conceptos vitales que se relacionan entre si tales como: human power (HP), generación distribuida, generación de energía eléctrica, entre otros. El alcance correlacional permite evaluar el grado de asociación de cada una de las teorías mencionadas anteriormente que a su vez se pueden medir con variables y datos obtenidos de acuerdo a los instrumentos de la investigación (Hernández Sampieri, 2014).

7.2. *Enfoque*

De acuerdo con el enfoque planteado en la metodología de la investigación de (Hernández Sampieri, 2014) existen tres tipos de enfoque principales: cuantitativo, cualitativo y mixto. El presente proyecto tiene como principal enfoque el cuantitativo, ya que, dentro de sus características se presentan planteamientos específicos, se hace uso de la medición y la estadística para las diferentes variables involucradas como el movimiento, horas de ejercicio y cantidad de energía generada. Así mismo se desarrollan procesos deductivos, secuenciales, probatorios y de análisis de manera que se logren obtener resultados, control sobre fenómenos, precisión, réplica y predicción. La metodología planteada para el desarrollo del proyecto se fundamenta en un conjunto de actividades que componen etapas, tal y como lo describe la bibliografía.

El enfoque cualitativo se cumple a partir de lograr un conjunto ordenado de pasos que no pueden ser cambiados o eludidos y que basa su teoría en la investigación de parámetros no medibles como percepción, estados psicológicos entre otros. Para la presente investigación se parte de la estadística de asistencia al gimnasio de la Universidad El Bosque, a partir de ahí de acuerdo con metodologías propuestas en proyectos ya realizados se pretende calcular un aproximado de la energía que se produce en el gimnasio en un período de tiempo determinado para de esa manera proponer un modelo que logre cubrir o contribuir a la demanda de energía que necesita el gimnasio para su funcionamiento, este es el fundamento principal del enfoque cuantitativo de la investigación. Sin embargo, el enfoque mixto puede tomar parte de la metodología de la investigación una vez se obtengan las cifras y resultados, debido al carácter de contribución ambiental que pretende el mismo donde se enfrentan y se relacionan conceptos no cuantitativos como sostenibilidad y valor agregado, es decir, cabe la posibilidad de que las cifras no arrojen resultados positivos frente al abastecimiento de energía pero soportan factores como el valor agregado de evitar o disminuir emisiones de GEI entre otros (Hernández Sampieri, 2014).

7.3. *Método: Inductivo y Deductivo*

El método o razonamiento tanto inductivo como deductivo está precedido por el enfoque que tenga la investigación, ya que, cada uno de los razonamientos está relacionado de manera particular y de acuerdo a unas variables a cada uno de los enfoques. De acuerdo al enfoque cuantitativo que tiene la investigación el razonamiento o método deductivo presenta una relación directa, este razonamiento es un proceso del pensamiento en el que a partir de afirmaciones generales se puede llegar a afirmaciones específicas aplicando las reglas de la lógica, es un sistema para organizar hechos o datos conocidos y de ellos extraer conclusiones, a partir de la implementación de silogismos, los cuales están conformados por tres elementos principales: premisa mayor, premisa menor y conclusión. Dichos silogismos funcionan con la veracidad, frente a la investigación planteada si los datos y los cálculos obtenidos a lo largo de la metodología están soportados por un proceso de validez o veracidad, se podrán obtener por razonamiento deductivo hipótesis y conclusiones veraces. Sin embargo, la veracidad que se busca obtener no viene literalmente de la deducción de unos datos o resultados de un proceso, se debe tener en cuenta para la generación de una hipótesis o una conclusión que se haya partido de una base ya existente para soportar su veracidad, es allí donde se involucra la bibliografía mencionada como soporte de la investigación, ya que, a partir de ella se toman modelos, metodologías y fórmulas ya existentes y aplicadas para la obtención de los datos.

Dentro del razonamiento deductivo se relacionan de igual forma tres momentos de la deducción: axiomatización (verdades que no requieren demostración), postulación (postulados, doctrinas asimiladas o creadas) y demostración (procesos matemáticos, lógicos, científicos) (Dávila Newman, 2006). Entre las implicaciones del enfoque cualitativo para el razonamiento deductivo están las encuestas, experimentación, patrones (relaciones entre variables), preguntas e hipótesis y la recolección de los datos (Hernández Sampieri, 2014).

7.4. *Técnica*

La técnica de la investigación corresponde al conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método y solo se aplica a una ciencia, es en resumen el conjunto de instrumentos en el cual se efectúa el método. Esta integra la estructura por medio de la cual se organiza la investigación en búsqueda de ordenar las etapas, aportar instrumentos para manejar la información, llevar un control de los datos, orientar la obtención de conocimientos, entre otros. Dentro de los tipos de técnicas sobresalen dos principalmente dentro de las cuales se enfoca el proceso de la investigación, la técnica documental y la técnica de campo. La técnica documental hace referencia a la recopilación de la información para enunciar teorías que soporten el estudio de fenómenos y procesos, incluyendo el uso de instrumentos definidos según la fuente documental a que hacen referencia, por otro lado, la técnica de campo permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permiten confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de una verdad objetiva (Ferrer, 2010).

De acuerdo con lo planteado anteriormente, en la presente investigación, para el primer objetivo específico: Identificar las máquinas y equipos existentes más apropiados para la implementación y desarrollo del modelo de generación energética planteado. Se plantean tres actividades: Identificar las máquinas más utilizadas por los asistentes o disponibles en mayor número, Investigar un modelo de prototipo de acuerdo con las máquinas identificadas y Determinar condiciones de aplicación de acuerdo con la infraestructura existente, para cada una de ellas se plantean las siguientes técnicas: Revisión bibliográfica de modelos eficientes, Revisión bibliográfica de prototipos implementados y existentes y Aplicar el funcionamiento del modelo de prototipo en forma teórica.

Frente al objetivo específico dos: Determinar el aporte del sistema de generación de energía al consumo del gimnasio, se plantean cuatro actividades: Inventario del número de máquinas del gimnasio (Tabla de máquinas), Determinar la energía consumida por mes en el gimnasio, Determinar el número de asistentes por mes al gimnasio y Calcular la energía producida por los asistentes mensualmente, para cada una de ellas se establece una técnica respectivamente: Cuantificación de máquinas disponibles actualmente en el gimnasio, Calcular mediante datos obtenidos de fichas técnicas de los equipos, Agrupar datos obtenidos de encuestas de asistencia y Relacionar las variables encuestadas de asistentes (sexo, peso, actividad y tiempo de actividad).

Para el objetivo específico tres: Determinar la viabilidad de la implementación del modelo a nivel social, económico, ecológico y técnico, se plantean cuatro actividades principalmente: Determinar el beneficio del ejercicio en el organismo, Determinar la tasa de retorno de la inversión, Calcular: emisiones, huella de C y Determinar la complejidad técnica, para lo cual se establecen las técnicas de: Revisión bibliográfica de beneficios del ejercicio, Cálculo del presupuesto de implementación y Cálculo de la huella de carbono.

7.5. *Instrumento*

El instrumento de la investigación es definido como una herramienta a disposición del investigador o del proyecto de investigación para la recolección de la información de una muestra seleccionada de manera que se logre resolver la problemática de la investigación. Se define también como los recursos de los cuales puede valerse el investigador para acercarse a los problemas y fenómenos, y extraer de ellos la información: formularios de papel, aparatos mecánicos y electrónicos que se utilizan para recoger datos o información, sobre un problema o fenómenos determinados, ya sean, cuestionario, termómetro, escalas y esonogramas. Un factor importante a tener en cuenta son los requisitos para la elaboración de los instrumentos de investigación para que estos puedan lograr su objetivo, entre los requisitos más relevantes se encuentran la validez y la confiabilidad. La validez se refiere al grado en que un instrumento de recolección de datos mide lo que pretende medir, esta se determina antes de aplicar el instrumento. El procedimiento que se utiliza se denomina Juicio de experto con la aplicabilidad del Coeficiente de Proporción de Rango (CPR), de manera que el instrumento debe tener en cuenta cuatro instrumentos principales: el título de la investigación, el objetivo general, el cuadro de operacionalización de variables y la matriz para la validación. Para la confiabilidad, se define como el grado en que una aplicación reiterada a un grupo de individuos o sujetos, produce resultados similares (Contreras, 2013).

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Teniendo en cuenta el proceso metodológico para la formulación de los instrumentos, para el primer objetivo específico se plantearon los siguientes instrumentos: artículos científicos de eficiencia energética, Artículos científicos de desarrollo de prototipos y artículos científicos de aplicación de prototipos en generación de energía.

Frente al objetivo específico dos, los instrumentos a utilizar fueron: Documentos de infraestructura y adecuación, Fichas técnicas de las máquinas y Encuestas a los asistentes con datos establecidos (sexo, peso, actividad y horas de actividad).

Para el objetivo específico tres, se plantearon tres instrumentos principales para el desarrollo del mismo de la siguiente manera: Fórmulas matemáticas de tiempo vs kW/h producidos, Indicador en equivalente de árboles sembrados a la huella de carbono disminuida e Indicador de riesgos de implementación para la probabilidad de éxito en los factores técnicos a tener en cuenta para la implementación del modelo de desarrollo de energía planteado.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

7.6. Matriz metodológica

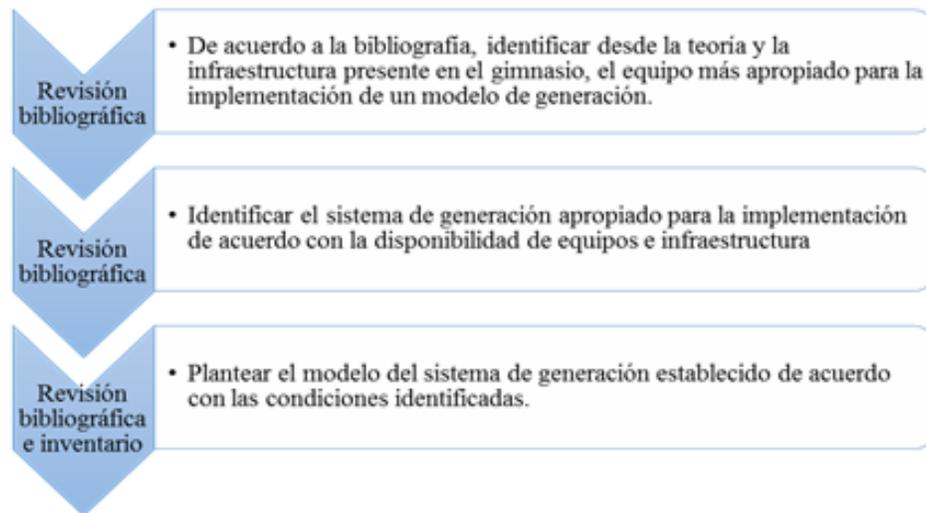
Tabla 2. Matriz de actividades, técnicas e instrumentos

| Objetivo general | Objetivos específicos | Actividades | Técnicas | Instrumentos | Resultados esperados |
|--|---|---|--|--|--|
| Proponer un modelo de generación de energía eléctrica a partir del movimiento para el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén. | Identificar las máquinas y equipos existentes más apropiados para la implementación y desarrollo del modelo de generación energética planteado. | 1. Identificar las máquinas más utilizadas por los asistentes o disponibles en mayor número | 1. Revisión bibliográfica de modelos eficientes | 1. Artículos científicos de eficiencia energética | ✓ Máquina a implementar en el modelo |
| | | 2. Investigar un modelo de prototipo de acuerdo con las máquinas identificadas | 2. Revisión bibliográfica de prototipos implementados y existentes | | |
| Proponer Usaquén. | Determinar el aporte del sistema de generación de energía al consumo del gimnasio | 3. Determinar condiciones de aplicación de acuerdo con la infraestructura existente. | 3. Aplicar el funcionamiento del modelo de prototipo en forma teórica. | 3. Artículos científicos de aplicación de prototipos en generación de energía. | |
| | | 1. Inventario del número de máquinas del gimnasio (Tabla de máquinas) | 1. Cuantificación de máquinas disponibles actualmente en el gimnasio | 1. Documentos de infraestructura y adecuación | ✓ Inventario de las máquinas existentes para producción de energía (bicicletas). |
| | | 2. Determinar la energía consumida por mes en el gimnasio | 2. Calcular mediante datos obtenidos de fichas técnicas de los equipos | 2. Fichas técnicas de las máquinas. | ✓ Inventario de equipos consumidores de energía y sus consumos por mes |
| | | 3. Determinar el número de asistentes por mes al gimnasio | 3. Agrupar datos obtenidos de encuestas de asistencia | 3. Encuestas a los asistentes con datos establecidos (sexo, peso, actividad y horas de actividad). | ✓ Promedio de asistencia mensual al gimnasio. |
| Proponer Usaquén. | Determinar la viabilidad de la implementación del modelo a nivel social, económico, ecológico y técnico. | 4. Calcular la energía producida por los asistentes mensualmente | 4. Relacionar las variables encuestadas de asistentes (sexo, peso, actividad y tiempo de actividad). | | ✓ Producción de energía mensual por los asistentes. |
| | | 1. Determinar el beneficio del ejercicio en el organismo | 1. Revisión bibliográfica de beneficios del ejercicio | 1. Fórmulas matemáticas de tiempo vs kw/h producidos. | ✓ Tiempo de retorno de la inversión |
| | | 2. Determinar la tasa de retorno de la inversión. | 2. Cálculo del presupuesto de implementación. | 2. Indicador en equivalente de árboles sembrados. | ✓ Cálculo de disminución de emisiones y huella de carbono |
| | | 3. Calcular: emisiones evitadas. | 3. Cálculo de emisiones evitadas asociadas a energía. | Indicador de riesgos de implementación | ✓ Complejidad de implementación. |
| | | 4. Determinar la complejidad técnica. | | | |

Fuente: elaboración propia, 2018

7.7. Metodología – Desarrollo objetivo

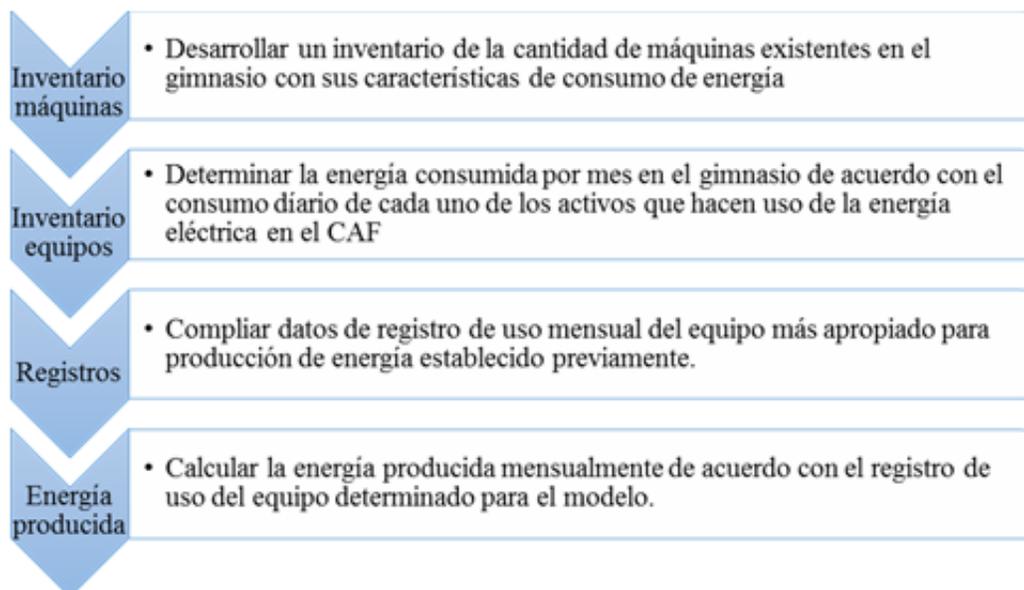
Figura 17. Desarrollo objetivo específico 1



Fuente: elaboración propia, 2018

7.8. Metodología – Desarrollo objetivo específico 2

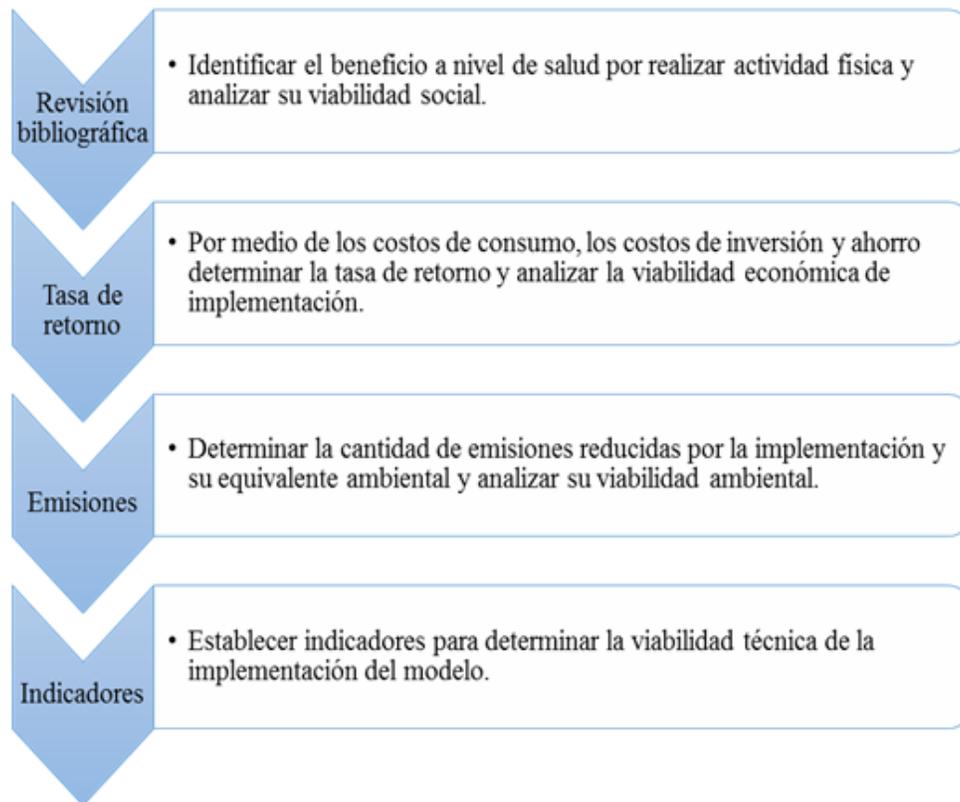
Figura 18. Desarrollo objetivo específico 2



Fuente: elaboración propia, 2018

7.9. Metodología – Desarrollo objetivo específico 3

Figura 19. Desarrollo objetivo específico 3



Fuente: elaboración propia, 2018

8. Plan de trabajo

Tabla 3. Organigrama y cronograma

| Objetivos | | Actividades | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | |
|--|--|--|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|--|
| General | Específicos | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Proponer un modelo de generación de energía eléctrica a partir del movimiento para el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén. | 1. Identificar cuáles de las máquinas y equipos existentes son más apropiados para la implementación y desarrollo del modelo de generación energética planteado. | Identificar las máquinas más utilizadas por los asistentes o disponibles en mayor número | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Investigar un modelo de prototipo de acuerdo con las máquinas identificadas | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| | | Determinar condiciones de aplicación de acuerdo con la infraestructura existente | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Determinar el aporte del sistema de generación de energía al consumo del gimnasio | Inventario del número de máquinas del gimnasio (Tabla de máquinas) | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | | Determinar la energía consumida por mes en el gimnasio | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| | | Determinar el número de asistentes por mes al gimnasio | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| | | Calcular la energía producida por los asistentes mensualmente | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| | 3. Determinar la viabilidad de la implementación del modelo a nivel social, económico, ecológico y técnico. | Determinar el beneficio del ejercicio en el organismo | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| | | Determinar la tasa de retorno de la inversión | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| | | Calcular: emisiones, huella de C. | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| | | Determinar la complejidad técnica. | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |

Fuente: elaboración propia, 2018

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Leyenda

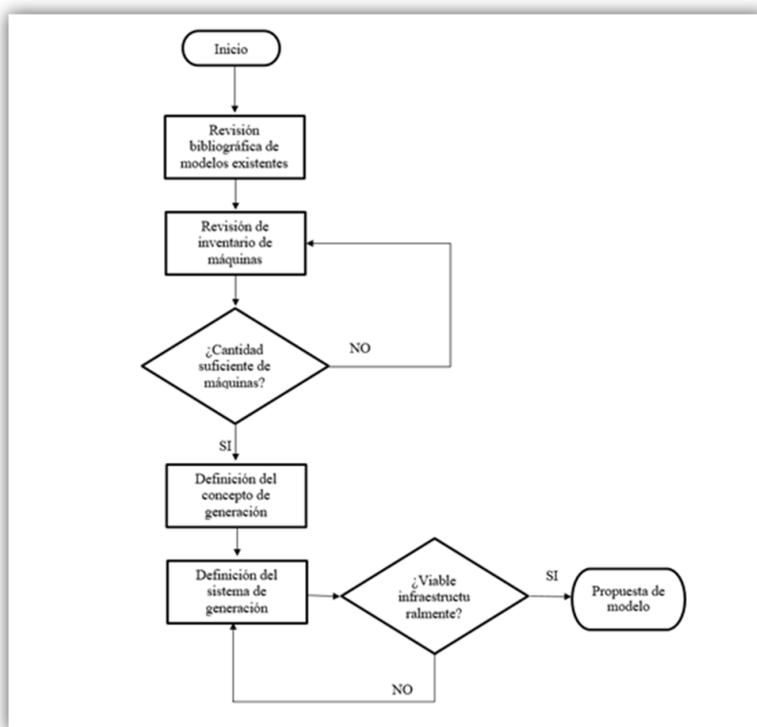
| | |
|------------------------|--------|
| Actividades realizadas | Green |
| Actividades en curso | Yellow |
| Actividades pendientes | Red |
| Entrega documento | Blue |
| Sustentación final | Purple |

9. Resultados, análisis y discusión

9.1. Identificación de máquinas y equipos existentes apropiados para la implementación y desarrollo del modelo energético a proponer

Para el desarrollo del objetivo específico uno: “Identificar cuáles de las máquinas y equipos existentes son más apropiados para la implementación y desarrollo del modelo de generación energética a proponer” se establecen un conjunto de pasos y un proceso lógico dentro del cual se enfoca la información bibliográfica establecida a la disponibilidad de equipos, maquinas e infraestructura con la cual cuenta el centro de acondicionamiento físico (CAF) actualmente de manera que se cuenten con herramientas lógicas y suficientes para la proposición final de un modelo cuya viabilidad sea completa o en un alto porcentaje.

Figura 20. Diagrama de flujo para proposición del modelo

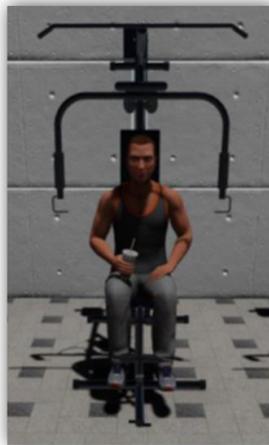


Fuente: elaboración propia, 2018

9.2. *Revisión bibliográfica de modelos existentes*

En el orden lógico establecido previamente y en búsqueda de la depuración de la información para la proposición del modelo de generación de energía a partir del movimiento, se debe tener en cuenta las condiciones actuales con las que cuenta el espacio dónde es desarrollada la investigación, es decir, el centro de acondicionamiento físico (CAF) de la Universidad El Bosque- Campus Usaquén. Dentro de la bibliografía mencionada en el estado del arte y teorías correspondientes con el marco teórico se establecen modelos existentes dentro de dos zonas de movimiento específicos para centros de acondicionamiento físico o gimnasios, la zona cardiovascular y zona de peso o zona de pesas principalmente. De acuerdo con lo mencionado y teniendo en cuenta el espacio e infraestructura actual del gimnasio, se revisan modelos aplicables a la zona cardiovascular y a la zona de peso.

Figura 21. Prototipo máquina multifuerza



Fuente: Barón & Mahecha, 2015

- **Modelos existentes para zona cardiovascular:** el desarrollo de modelos de generación de energía a partir de máquinas y equipos para ejercitar el sistema cardiovascular ha sido más frecuentemente desarrollado desde los inicios de la exploración en producción de energía no convencional, ya que, la producción de energía a partir de sistemas como los pedales ha estado presente a través de la historia en procesos como moler maíz, licuar o bombear agua. De igual forma, tal y como se enuncia en el estado del arte en el artículo “Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity” escrito por Adam M. Gilmore de la Universidad de Guelph, Ontario, Canadá, la bicicleta es la única máquina de actividad física que genera rendimientos energéticos de aproximadamente el 25%, frente a otros equipos como maquinas multifuerza o caminadoras. Este factor ha sido determinante en el predominio que han tenido los sistemas de generación distribuida desarrollados para bicicletas estáticas y bicicletas en general (Guilmore, 2008).

Figura 22. Bicicletas zona cardiovascular CAF – El Bosque



Fuente: elaboración propia, 2018

9.3. Inventario de máquinas zona de peso y zona cardiovascular

Dando continuidad al proceso establecido en la Figura 20 se presenta a continuación el inventario de máquinas existentes tanto en la zona cardiovascular como en la zona de peso, con el fin de tener los elementos básicos para determinar cuál es el equipo más apropiado para el desarrollo de un modelo, tomando en cuenta los instrumentos consultados en la bibliografía y la variable de disponibilidad donde se plantean la cantidad de unidades disponibles de cada uno de los equipos.

Tabla 4. Inventario de máquinas CAF

| Zona de pesas | | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|
| Tipo de máquina | Marca | Modelo | Disponibilidad (unidades) | Total (unidades) |
| Multifuerza | Athletic | Profesional 200 | 1 | 1 |
| | Star Shaper | Evolution | 1 | 1 |
| Zona cardiovascular | | | | |
| Tipo de máquina | Marca | Modelo | Disponibilidad (unidades) | Total (unidades) |
| Remadora | Life fitness | Row GX trainer | 1 | 1 |
| Elíptica | Life fitness | X1 | 3 | 3 |
| Caminadora | Life fitness | Activate | 4 | 4 |
| | Shwinn | IC pro | 4 | |
| Bicicleta | Gym Fitness | Studio Cycle | 4 | 8 |

Fuente: elaboración propia, 2018

9.4. *Definición de equipos a implementar en la propuesta de modelo*

De acuerdo con el inventario establecido anteriormente de equipos existentes en el centro de acondicionamiento físico (CAF) tanto en la zona cardiovascular como en la zona de pesas, y teniendo en cuenta la revisión bibliográfica realizada y descrita a lo largo del estado del arte y en el primer proceso establecido en la Figura 20, se establecen las dos herramientas principales para definir el equipo o máquina a utilizar en la propuesta del modelo de generación. Tal y como se puede apreciar en la Tabla 3, las bicicletas estáticas en conjunto son la máquina que presenta un predominio en unidades disponibles frente a las otras máquinas existentes con un total de 8 unidades disponibles, adicionalmente, de acuerdo con los autores mencionados anteriormente, la probabilidad de lograr un modelo viable técnica, económica y en materia de infraestructura es alta si se tiene que en cuenta que plantear un modelo de generación distribuida para una máquina multifuerza es complejo en general, las bicicletas estáticas doblan en unidades a las caminadoras que cuentan con el segundo mayor número de máquinas de la zona cardiovascular (4 unidades) y de acuerdo con el artículo “Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity” las bicicletas estáticas logran ofrecer rendimientos energéticos de aproximadamente un 25% frente a otro tipo de máquinas estudiados. Se plantea el uso de las bicicletas estática como máquina a implementar en la propuesta del modelo de generación distribuida.

9.5. *Definición del concepto de generación*

La definición del concepto de generación consta del análisis de las alternativas planteadas en el marco conceptual de acuerdo con los diferentes conceptos de generación de energía, los cuales son: generación por poleas, generación por rodillos, generación por estrella, generación en la maza y generación por flujo axial. Cabe aclarar que cada una de las alternativas mencionadas se refiere estrictamente a las distintas opciones de adaptar el generador a la máquina definida previamente, es decir, la bicicleta estática. A partir de los diferentes conceptos de generación definidos dentro del marco conceptual y aplicable a las bicicletas estáticas, se plantean unos criterios y unos puntajes de evaluación para el desarrollo de la matriz de alternativas de la siguiente manera:

Tabla 5. Definición de criterios de evaluación

| Criterio de evaluación | Definición |
|-------------------------------|--|
| Ejecución | Se refiere directamente a la viabilidad de realizar y aplicar el concepto de generación de energía |
| Complejidad | Define qué tan complejo es la aplicabilidad del concepto de energía para el modelo |
| Costo | El costo de la aplicación del concepto teniendo en cuenta principalmente el precio de materias primas requeridas |
| Tamaño | Define espacialmente que tan viable es la aplicación del concepto |
| Estética | Plantea la viabilidad de qué tan afectado se vería el modelo estéticamente |
| Materiales | Define de manera similar al costo, que tantos materiales se requieren para la aplicación |

Fuente: elaboración propia, 2018

Una vez definidos los criterios de evaluación, es importante plantear la forma de evaluación de los mismos de manera que se puedan interpretar los resultados obtenidos de manera correcta una vez se realice la evaluación de los diferentes conceptos de generación en la matriz de alternativas. Se propone evaluar cada uno de los criterios teniendo en cuenta como concepto principal y general la viabilidad de cada uno de los mismos dentro del modelo, de la siguiente manera:

Tabla 6. Puntajes de evaluación

| Descripción | Puntuación |
|-------------|------------|
| Alto | 5 |
| Medio | 3 |
| Bajo | 1 |

Fuente: elaboración propia, 2018

En la tabla 6 se presenta la matriz de evaluación de alternativas de conceptos de generación para bicicletas, donde se encuentra en la primera columna los criterios de evaluación definidos anteriormente en la tabla 4, seguidos de izquierda a derecha por cada una de las alternativas de conceptos de generación especificados. El puntaje se realizó de acuerdo con lo especificado en la tabla 5, sin embargo, es importante aclarar que al determinar la totalidad del puntaje de los diferentes criterios, la complejidad, el costo y los materiales son restados con diferencia de los otros conceptos ya que estos se refieren a gastos y a viabilidad de desarrollo, los cuales funcionan de manera inversamente proporcional en la escala de puntaje, donde a menor costo, materiales y complejidad es mayor la viabilidad del concepto.

Tabla 7. Matriz de evaluación de alternativas

| Matriz de evaluación | | | | | |
|----------------------|--------------|----------|-----------|------------|-------------|
| Criterio | Alternativas | | | | |
| | Poleas | Rodillos | Estrella | En la maza | Flujo axial |
| Ejecución | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| Complejidad | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Costo | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| Tamaño | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Estética | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| Materiales | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| Total | 3 | 6 | -1 | 0 | 0 |

Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de evaluación de alternativas expresados en la tabla 6, el concepto de generación más apropiado es el concepto por rodillos, ya que es realizable, su complejidad es baja, no genera mayores costos con respecto a los demás conceptos, frente al tamaño es

espacialmente cómodo ya que implica adaptar una sola estructura (rodillo), estéticamente no influye en mayor manera en la estructura de la bicicleta estática conservando la apariencia original de la misma y el uso de materiales es bajo, generando menor cantidad de residuos en determinado caso, dando una connotación importante frente al carácter de sostenibilidad al que se enfoca la investigación.

9.6. *Definición del sistema de generación*

La definición del sistema de generación, independientemente del concepto de generación elegido, depende principalmente de la infraestructura de la red eléctrica, en este caso del centro de acondicionamiento físico (CAF) y de igual forma de la matriz energética que maneje el sistema conjunto de electricidad ya sea de la ciudad, región o país y del cumplimiento de unos parámetros básicos que determinan la viabilidad del sistema. De acuerdo con las principales necesidades que debe suplir el sistema de generación se plantean los siguientes parámetros.

Teniendo en cuenta los sistemas de generación existentes: sistema de generación conectado a la red y sistema de generación aislado a la red, definidos dentro del marco conceptual, y teniendo en cuenta los parámetros definidos anteriormente para el cubrimiento de las principales necesidades que debe suplir el sistema, se realiza a continuación una matriz de cumplimiento de los mismos con el fin de definir el sistema de generación más apropiado.

- Transmisión de energía del generador: respecta a la capacidad del sistema de transmitir la energía generada por la bicicleta estática y el generador.
- Almacenamiento de la energía: la capacidad del sistema de generación de almacenar la energía producida por la bicicleta estática y el generador
- Autocontrol de voltaje: se refiere a si es necesario el uso de algún dispositivo adicional para regular el voltaje.
- Inyección directa a la red: respecta a la capacidad del sistema de transmitir la corriente generada e inyectarla directamente a la red eléctrica.
- Inyección adaptable: define si el sistema de generación tiene la capacidad de inyectar la corriente a diferentes receptores aparte de la red eléctrica.
- Compatibilidad al sistema eléctrico: se refiere a sí el sistema es compatible con la red eléctrica establecida en el lugar donde se desarrolla de manera infraestructural.

Tabla 8. Matriz de cumplimiento de parámetros

| Parámetro | Matriz de cumplimiento | |
|---|--|--|
| | Sistema de generación conectado a la red | Sistema de generación aislado a la red |
| Transmisión de energía del generador | ✓ | ✓ |
| Almacenamiento de la energía | X | ✓ |
| Autocontrol de voltaje | ✓ | X |
| Inyección de corriente directa a la red | ✓ | ✓ |
| Inyección de corriente adaptable | X | ✓ |
| Compatibilidad al sistema eléctrico | X | ✓ |

Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con los resultado obtenidos en la matriz de cumplimiento de parámetros tabla 7, se define el sistema de generación aislado a la red como el más apropiado para la propuesta de modelo de generación de energía en el centro de acondicionamiento físico (CAF), ya que, cumple con la mayoría de parámetros para satisfacer las necesidades básica del sistema, como lograr transmitir la energía del generador, almacenar la energía para su gestión posterior, permitir una inyección de energía a la red de manera directa como a diferentes receptores diferentes a la red y ser compatible con la infraestructura eléctrica del lugar. Cabe aclarar que este sistema requiere de un dispositivo regulador de energía adicional y es importante recalcar que el sistema de generación conectado a la red será más rentable siempre y cuando exista una infraestructura de inyección directa a la red eléctrica del espacio o establecimiento lo cual implica que se establezcan dentro de la matriz energética nacional las tarifas de compra a generadores de energías alternativas o limpias.

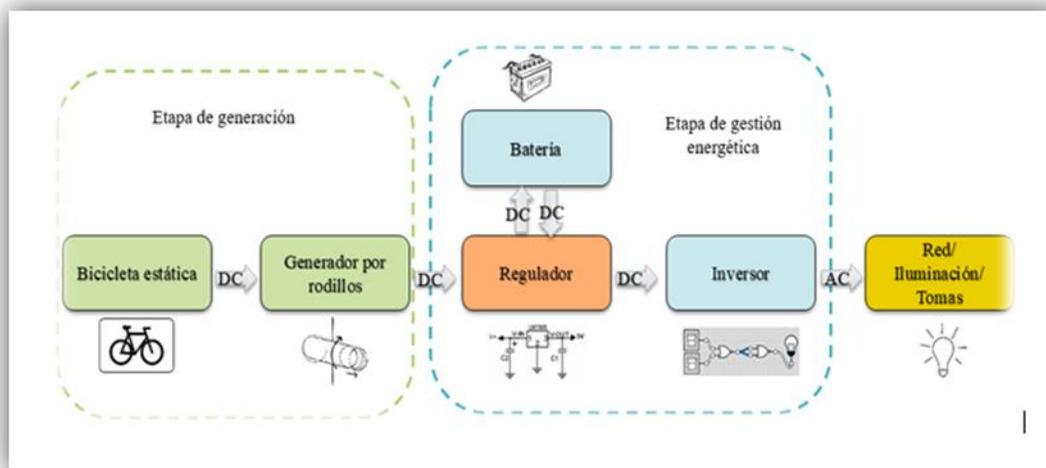
9.7. Propuesta general del modelo de generación de energía

Habiendo dado continuidad a los pasos establecidos en el diagrama 5 (Diagrama de flujo para la proposición del modelo), se definió en primera instancia la bicicleta estática de la zona de ejercicio cardiovascular del centro de acondicionamiento físico (CAF) de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén, como el equipo a utilizar para la generación de energía a partir del movimiento, seguido de ello se procedió a analizar las diferentes alternativas de conceptos de generación a partir de la bicicleta en la Tabla 8 matriz de alternativas, donde de acuerdo con los puntajes obtenidos, el concepto de generación de electricidad a partir de rodillos fue el de mayor puntuación. Finalmente, a partir de la bibliografía consultada se establecieron unos parámetros para satisfacer las necesidades básicas que debe tener el sistema de generación distribuida, las cuales fueron evaluadas en la tabla 7, matriz de cumplimiento, en la cual el sistema de generación aislado a la red logró satisfacer la mayoría de las necesidades básicas establecidas. De esta manera, se establece la siguiente propuesta general del sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – campus Usaquén así:

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Figura 23. Propuesta general de sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz



Fuente: elaboración propia, 2018

9.8. Determinar el aporte del sistema de generación de energía al consumo del gimnasio

Para el desarrollo del segundo objetivo específico se estimó la producción promedio de energía en las bicicletas estáticas del centro de acondicionamiento físico (CAF), de acuerdo con una muestra poblacional definida y una recopilación de datos por medio de encuestas a partir de la cual se estimó la energía generada por los usuarios en un promedio semanal. De igual forma, se estimó la energía consumida por el bloque “D” donde se encuentra ubicado el centro de acondicionamiento físico (CAF), teniendo en cuenta los recibos de energía y de acuerdo con el inventario de luminarias y equipos consumidores de electricidad dentro del bloque especificados en el Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Energía realizado por la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad El Bosque en el primer semestre del año 2018. Finalmente se comparó la energía generada frente a la energía consumida con el fin de estimar cifras y diferencias significativas de consumo y generación.

9.9. Definición de la muestra para el desarrollo de las encuestas

De acuerdo con la base de datos de asistentes registrados en el centro de acondicionamiento físico (CAF) la población total del mismo es de 1786 asistentes registrados entre personas miembros activos de la Universidad El Bosque, sin embargo, no todos los registrados son usuarios activos del mismo. En forma teórica, se propuso inicialmente calcular una muestra con un 5% de margen de error, es decir, un 95% de confiabilidad representado en un total de 327 personas, sin embargo, dadas las dificultades y la complejidad para realizar las encuestas no fue viable el desarrollo de las mismas a la población mencionada. De acuerdo con lo anterior se calculó el tamaño de la muestra de la siguiente manera:

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Figura 24. Ecuación tamaño de la muestra

$$m = \frac{N}{(N - 1) * K^2 + 1}$$

Donde:
 m = tamaño de la muestra
 N = población o universo
 K = margen de error (expresado en decimales)

Fuente: López, 2010

A partir de la ecuación planteada, se define el tamaño de la muestra de la siguiente manera:

Figura 25. Ecuación definición de la muestra

$$m = \frac{1786 \text{ asistentes registrados}}{(1785) * (0,117)^2 + 1} = 70 \text{ asistentes}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

Dadas las dificultades para la muestra inicial calculada a partir de la teoría, se calculó el tamaño de la población con la disponibilidad de los datos recopilados, es decir, a 70 asistentes encuestados, esto quiere decir que el margen de error es de aproximadamente un 11,7 %, dando una confiabilidad para los datos de un 88,3%.

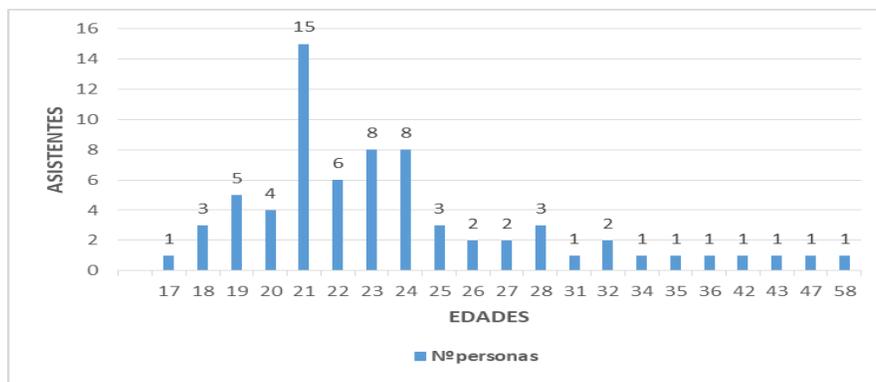
9.10. Desarrollo de las encuestas

Las encuestas fueron desarrolladas a una muestra aleatoria de 70 asistentes al centro de acondicionamiento físico (CAF), tal y como se poder apreciar en el cálculo de la muestra en la Figura 25, se determinó el tamaño de la muestra y mediante la función “aleatorio” de Excel se seleccionaron 70 correos electrónicos de la base de datos de asistentes al gimnasio. Por medio de una encuesta virtual desarrollada a partir de la herramienta “Formularios de Google” (ver Anexo 1) en la aplicación “Drive” de Google, se dio acceso a los correos en un enlace web para recopilar información de: edad, sexo, peso (kg), nivel de uso (ligero, medio, avanzado) y días de uso por semana teniendo en cuenta los días

de operación del gimnasio es decir desde 1 día hasta 6 días máximo (ver Anexo 2). Los resultados obtenidos se pueden visualizar a continuación:

- Total de encuestados por edad

Figura 26. Estadística de edades de población encuestada

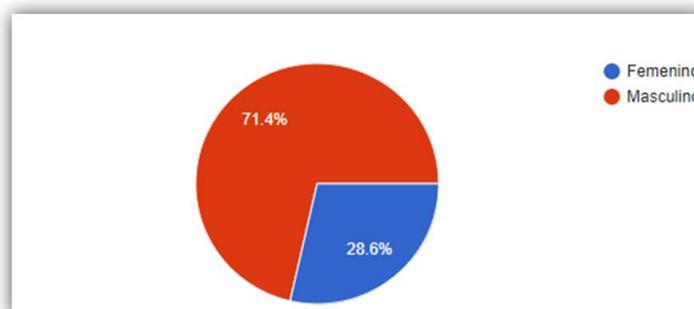


Fuente: elaboración propia, 2018

Los resultados obtenidos que se pueden apreciar en la Figura 26, muestran que del total de la muestra de 70 asistentes, el mayor porcentaje 21.2 %, tienen 21 años de edad, seguidos del 10,6% de encuestados de 24 años de edad y el 9,1 % en dos grupos de 22 y 23 años de edad respectivamente, son las edades más relevantes de la población encuestada. A partir de ello se puede concluir que en su mayoría los asistentes son estudiantes dadas las edades predominantes de asistencia.

- Total de encuestados por sexo

Figura 27. Encuestados diferenciados por sexo



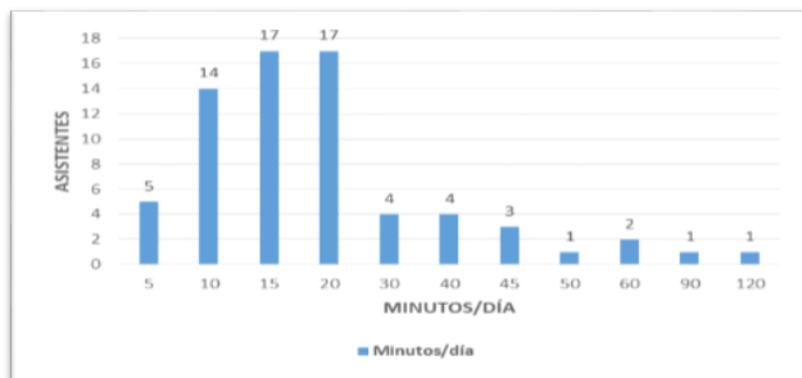
Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con los resultados obtenidos, del total de la muestra de 70 encuestados, el 48,6% de la muestra correspondiente a 34 personas, hacen uso de la bicicleta estática en nivel medio, seguido de un

45,7% correspondiente a 32 personas, hacen uso de la bicicleta estática en nivel ligero y finalmente el 5,7% restante correspondiente a 4 personas, hacen uso de la bicicleta estática en nivel avanzado.

- Total de encuestados por tiempo de uso de bicicletas estáticas

Figura 28. Estadística por tiempo de uso de bicicletas estáticas

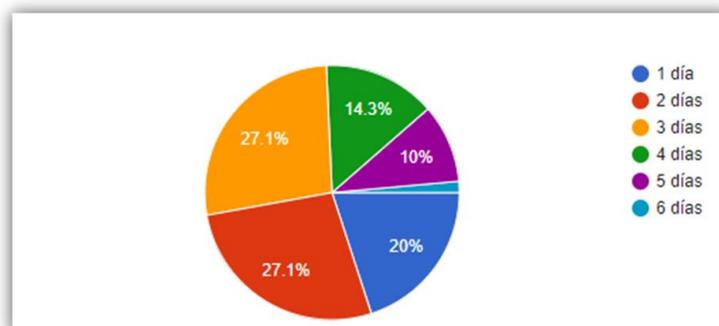


Fuente: elaboración propia, 2018

En los resultados obtenidos, del total de la muestra de 70 asistentes, el mayor porcentaje obtenido fue de 23,2% correspondiente a 16 personas para dos grupos diferentes de 15 y 20 minutos/día de uso, seguido del 17,4% correspondiente a 12 personas que hacen uso de la bicicleta estática 10 minutos/día y finalmente un 5,8% correspondiente a 4 personas que hace uso de la bicicleta estática 15 minutos/día. Estos resultados son los más relevantes frente al total de la muestra ya que recogen a más del 50% de los encuestados.

- Estadística por días de uso por semana de la bicicleta estática

Figura 29. Estadística por días de uso/semana de la bicicleta estática



Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 29, del total de la muestra de 70 asistentes, el 27,2% correspondiente a 19 personas hace uso de la bicicleta 2 días/semana y de igual forma el mismo número de personas hace uso de la bicicleta 3 días/semana, seguido de un 20% correspondiente a 14 personas que hacen uso de la bicicleta 1 día/semana, el 14,3% del total de la muestra, correspondiente a 10 personas hacen uso de la bicicleta 4 días/semana, finalmente, el 10% correspondiente a 7 personas hacen uso de la bicicleta 5 días/semana y por último el 1,4% correspondiente a 1 persona, hace uso de la bicicleta 6 días/semana.

9.11. *Cuantificación de la energía producida a partir del movimiento*

Teniendo en cuenta cada una de las variables planteadas en las encuestas, y de acuerdo con la posibilidad de ejecución que se ha planteado a lo largo del proyecto, la obtención directa de la cantidad de energía producida en watts es compleja ya que se requiere de realizar pruebas piloto con diferentes personas y tener en cuenta variables como las revoluciones por minuto de pedaleo, el peso de cada persona y el largo de la vuela de la bicicleta. De esta manera para dar continuidad al proyecto se planteó la alternativa de obtener las kcal/semana producidas por cada uno de los encuestados para de esta manera por factores de conversión estimar los kwatts producidos por semana en general para finalmente calcular los kwatts producidos por mes. Para el desarrollo de dicha conversión se tomó como factor de conversión principal las kcal quemadas por hora en promedio para un nivel de uso de bicicleta ligero, medio y de alta intensidad. Dichos valores se pueden apreciar a continuación:

Tabla 9. *Kcal/h quemadas a diferentes niveles de uso de bicicleta*

| Nivel de uso bicicleta | Calorías quemadas/ hora |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Bicicleta estática intensidad baja | 413 kcal/h |
| Bicicleta estática intensidad media | 620 kcal/h |
| Bicicleta estática intensidad alta | 738 kcal/h |

Fuente: Santana, 2008

A partir de los factores de conversión establecidos en la Tabla 9, se procede a la tabulación de los datos agrupados en niveles de uso de baja intensidad, media intensidad y alta intensidad (Ver Anexos 3, 4 y 5). El cálculo de las kcal producidas por semana es el mismo en general para cada uno de los grupos con la diferencia del factor de conversión, el cual esta diferenciado en la Tabla 9. De tal manera se procede a calcular las kcal producidas por semana para los tres grupos así:

Figura 30. Cálculo de kcal producidas por semana

$$\frac{\text{minutos}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} * \frac{\text{días de uso}}{\text{semana}} * \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \right) = \text{kcal/semana}$$

Donde:
 Kcal/hora baja intensidad = 413
 Kcal/hora media intensidad = 620
 Kcal/hora alta intensidad = 738

Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con la fórmula planteada en la Figura 30, se realizó el cálculo de las kcal producidas por semana a baja intensidad con un total de 9086 kcal/semana (ver Anexo 6), a media intensidad con un total de 29605 kcal/semana (ver Anexo 6) y a alta intensidad con un total de 7564,5 kcal/semana (ver Anexo 6). En la tabla 9 se pueden apreciar los valores obtenidos a cada uno de los niveles de intensidad al igual que la producción de kcal/ semana promedio.

Tabla 10. Producción total de kcal /semana

| Total Kcal producidas/semana | | |
|------------------------------|--------------|----------------|
| Nº Dato | Nivel de uso | Kcal /semana |
| 1 | Ligero | 9086 |
| 2 | Medio | 29605 |
| 3 | Avanzado | 7564,5 |
| Total | | 46255,5 |

Fuente: elaboración propia, 2018

A partir de los resultados obtenidos en la tabla 10, se obtuvo una producción total de kcal/semana de 46255,5, ya que se desea estimar en general cuanto puede producir el gimnasio en términos de kilowatts. De acuerdo con lo anterior, a partir de la producción de kcal/semana se calcula la producción de kwatts (kW) de la siguiente manera:

Figura 31. Cálculo de kW producidos

$$1 \text{ kilowatt} * \text{hora} = 860 \text{ kcal}$$

Fuente: Hofstrand, 2008

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

De acuerdo con la tabla 8 (kcal/h quemadas a diferentes niveles de uso de la bicicleta) se pueden estimar los kW/semana, ya que se tiene en cuenta las horas de uso semanales a diferentes niveles así:

Figura 32. kW/hora producidos a nivel ligero

$$kW \text{ semanales nivel ligero} = \frac{413 \text{ kcal}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ kW} * \text{ hora}}{860 \text{ kcal}} = (0,48 \text{ kW}) * \text{ horas de uso}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 33. kW/hora producidos a nivel medio

$$kW \text{ semanales a nivel medio} = \frac{620 \text{ kcal}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ kW} * \text{ hora}}{860 \text{ kcal}} = (0,72 \text{ kW}) * \text{ horas de uso}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 34. kW/hora producidos a nivel avanzado

$$kW \text{ semanales a nivel avanzado} = \frac{738 \text{ kcal}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ kW} * \text{ hora}}{860 \text{ kcal}} = (0,85 \text{ kW}) * \text{ horas de uso}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

Por medio de la constante de kW*hora establecida anteriormente para los niveles ligero, medio y avanzado, se hallaron los kW producidos en dichos niveles semanalmente y de igual forma el total de kW producidos por semana (ver Anexo 7) y que se pueden detallar en la siguiente tabla:

Tabla 11. kW producidos por semana

| Total kW producidos/semana | | |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Nº Dato | Nivel de uso | kW/semana |
| 1 | Ligero | 10,56 |
| 2 | Medio | 34,38 |
| 3 | Avanzado | 8,71 |
| Total | | 53,65 |

Fuente: elaboración propia, 2018

A partir de la tabla 10, presentada anteriormente donde se estableció la producción total de kW por semana, se procede a determinar los kW producidos al mes en la muestra determinada teniendo en cuenta que en promedio el mes cuenta con 4 semanas disponibles para el uso del centro de acondicionamiento físico (CAF), así:

Figura 35. Cálculo de kW producidos al mes

$$kW \text{ mensuales} = \frac{53,65 \text{ kW}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} = 214,6 \text{ kW/mes}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

Es importante tener en cuenta que la energía producida al pasar por un sistema de generación distribuido y en este caso puntual, aislado a la red, sufre cierto porcentaje de pérdidas a través del paso de la corriente por distintos elementos, como generadores, reguladores y cableado.

De acuerdo con la investigación desarrollada por Vondrais & McCal (s.f.) para el desarrollo de un sistema de generación de energía eléctrica para bicicletas estáticas y teniendo en cuenta la investigación realizada por la Cámara Argentina de la Construcción. (2013). Para la cámara argentina de construcción en la reducción de pérdidas en sistemas de transmisión y distribución, se establece que para sistemas eléctricos característicos por tener redes de baja tensión, la eficiencia del sistema eléctrico es del alrededor del 75%, es decir, generando pérdidas promediadas del 25%.

Si bien este porcentaje varía, recopilando cierta información de diferentes sistemas, se establece que las redes de baja tensión, las cuales alimentan hogares o recintos cerrados presentan pérdidas oscilando entre el 15% y el 25%. De acuerdo con lo anterior, se determinan los kW mensuales producidos, con una eficiencia del sistema de 75%, así:

Figura 36. Cálculo de kW mensuales netos

$$kW \text{ mensuales netos} = 214,6 \frac{kW}{mes} * 75\% = 160,95 \text{ kW/mes}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

9.12. Energía consumida en el centro de acondicionamiento físico (CAF)

Con el fin de lograr establecer una comparación energética, tras estimar la cantidad de energía producida a partir del movimiento, se procedió al cálculo aproximado de la energía consumida en el centro de acondicionamiento físico (CAF), es decir, del bloque “D”.

A partir de información ya recopilada en el Plan de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía (PAUEE) para la Universidad El Bosque, realizado por la Unidad de Gestión Ambiental en el primer semestre del 2018 y con inspecciones visuales del centro de acondicionamiento físico (CAF) se determinó el consumo de kwatts/hora de acuerdo con el consumo de luminarias, equipos de cómputo, equipos varios y equipos de gimnasio para de esta manera estimar aproximadamente el consumo de kwatts al mes en el bloque “O” donde se encuentra el centro de acondicionamiento físico (CAF).

9.13. Energía consumida por luminarias

Para estimar la energía consumida por las luminarias se tuvo en cuenta el inventario de luminarias realizado por la Unidad de Gestión Ambiental en el PAUEE, para el bloque “D” donde se encuentra el centro de acondicionamiento físico (CAF), en el cual se especifica el tipo de luminaria, la cantidad de unidades existentes y su consumo en kW/hora, así:

Tabla 12. Inventario de luminarias y consumo de kW/hora

| Tipo de luminaria | Cantidad de unidades | k W / hora | Total kW/hora |
|-------------------------------------|----------------------|------------|---------------|
| Tubo fluorescente T8 32 W Master | 11 | 0,032 | 0,352 |

Fuente: UGA El Bosque, 2018

A partir de la tabla anterior se procede a estimar el consumo de kW/mes, teniendo en cuenta que el horario del centro de acondicionamiento físico (CAF), es decir, bloque “D”, es el mismo de la Universidad El Bosque para el campus Usaquén. De acuerdo con lo anterior se realiza el cálculo de los kW/ mes consumidos, en 15 horas diarias y 26 días al mes, así:

Figura 37. Cálculo de kW/mes consumidos por luminarias

$$kW \text{ mensuales} = 0,352 \frac{kW}{hora} * \frac{15 \text{ horas}}{día} * \frac{26 \text{ días}}{mes} = 137,28 \text{ kW/mes}$$

Fuente: UGA El Bosque, 2018

- **Energía consumida por equipos de cómputo:** al determinar la energía consumida por diferentes equipos de cómputo en el centro de acondicionamiento físico (CAF), se tuvo en cuenta el inventario realizado para equipos de cómputo en el PAUEE por la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad El Bosque, teniendo en cuenta solo los equipos presentes en el bloque “D” donde se encuentra el gimnasio para los cuales se tuvo en cuenta el tipo de equipo, el consumo medio en kW / hora, cantidad de unidades existentes y el total de kW / hora, así:

Tabla 13. Inventario equipos de cómputo y consumo en kW/hora

| Tipo de equipo de computo | Cantidad de unidades | k W / hora | Total de kW/hora |
|---------------------------|----------------------|------------|------------------|
| All – in - One | 2 | 0,142 | 0,284 |

Fuente: UGA El Bosque, 2018

Para estimar los kW/mes consumidos a partir de los equipos de cómputo, se toma el consumo establecido en la tabla anterior y se tiene en cuenta que el uso máximo de tiempo para equipos de cómputo es de 10 horas de acuerdo con el horario de la jornada laboral en general, ya que en su mayoría, los usuarios de equipos de cómputo son administrativos.

De igual forma se estableció en el PAUEE un total de 5 días por semana, de manera que se calcula el consumo de kW/mes, así:

Figura 38. Cálculo de kW/mes consumidos por equipos de cómputo

$$kW \text{ mensuales} = 0,284 \frac{kW}{hora} * \frac{10 \text{ horas}}{día} * \frac{21 \text{ días}}{mes} = 59,64 \text{ kW/mes}$$

Fuente: UGA El Bosque, 2018

- **Energía consumida por equipos varios:** dentro del inventario de equipos establecido en el PAUEE realizado por la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad El Bosque en el primer semestre de 2018, se identificaron equipos varios, denominados a los equipos que cumplen diversos propósitos tal como cocción de alimentos, aclimatación de áreas o sistemas de

secado en baños. De acuerdo con los equipos varios identificados en el bloque “D” donde se encuentra situado el gimnasio, se identificaron el tipo de equipo, la cantidad de unidades actuales, el consumo de kW/ hora y el total de kW/hora, así:

Tabla 14. Inventario de equipos varios y consumo en kW/hora

| Tipo de equipo | Cantidad de unidades | k W / hora | Total de kW/ hora |
|------------------|----------------------|------------|-------------------|
| T.V | 3 | 0,322 | 0,966 |
| Secador de manos | 2 | 0,27 | 0,54 |
| Total | | | 1,506 |

Fuente: UGA El Bosque, 2018

De acuerdo con la tabla anterior, se estima el consumo de kW/mes, teniendo en cuenta que el uso de estos equipos es muy variado y de acuerdo con lo establecido en el PAUEE, se asignó un tiempo de referencia de 4 horas/día y 6 días por semana, de manera que:

Figura 39. Cálculo de kW/mes consumidos por equipos varios

$$kW \text{ mensuales} = 1,506 \frac{kW}{hora} * \frac{4 \text{ horas}}{día} * \frac{26 \text{ días}}{mes} = 156,624 \text{ kW/mes}$$

Fuente: UGA El Bosque, 2018

- Energía consumida por equipos de gimnasio:** para la totalización del consumo en kW/ mes general para el bloque “D” donde se encuentra ubicado el gimnasio se determinó adicionar el consumo en kW/hora de las máquinas y equipos de gimnasio que requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, ya que, estos no fueron considerados dentro del PAUEE desarrollado en el primer semestre del 2018 por la unidad de gestión ambiental de la Universidad El Bosque. De acuerdo con lo anterior, se establecieron los equipos de gimnasio que hacen uso de la energía, la cantidad de unidades disponibles actualmente, su consumo en kW/hora y el total de kW/hora, así:

Tabla 15. Inventario de equipos de gimnasio y consumo en kW/hora

| Tipo de equipo de gimnasio | Cantidad de unidades | k W / hora | Total kW/hora |
|-------------------------------------|----------------------|------------|---------------|
| Elíptica – Lifefitness – X1 | 3 | 0,132 | 0,396 |
| Caminadora – Lifefitness - Activate | 4 | 0,381 | 1,524 |
| Total | | | 1,92 |

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Fuente: elaboración propia, 2018

A partir de la tabla 14, se estima el consumo de kW/mes de los equipos de gimnasio que hacen uso de energía eléctrica teniendo en cuenta las horas de uso diarias y los días de uso semanales. Ya que las horas de uso de estas máquinas son variadas, se asignó como valor medio de uso 6 horas diarias y 6 días a la semana, de manera que:

Figura 40. Cálculo de kW/mes consumidos por equipos de gimnasio

$$W \text{ mensuales} = 1,92 \frac{\text{kW}}{\text{hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} * \frac{26 \text{ días}}{\text{mes}} = 399,36 \text{ kW/mes}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

De esta manera, se establece un consumo total de kW/mes en el bloque “D”, donde está localizado el centro de acondicionamiento físico (CAF) de:

Figura 41. Total de kW/mes consumidos en el CAF

$$\text{Total} \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \text{ CAF} = 137,28 + 59,64 + 156,624 + 399,36 = 752,904 \text{ kW/mes}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

9.14. Cantidad de energía producida mensualmente a partir del movimiento y cantidad de energía consumida mensualmente

Por medio de la muestra determinada de 70 personas del total de la población asistente al centro de acondicionamiento físico (CAF), ubicado en el bloque “D” de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén, se determinaron los kW producidos mensualmente a partir del uso de la bicicleta estática sobre la población mencionada y los kW consumidos mensualmente en el bloque “D” de acuerdo con el PAUEE.

El cálculo de los kW/mes producidos a partir del ejercicio en las bicicletas estáticas se determinó a partir de las kcal/hora producidas en niveles: ligero, medio, avanzado y el número de horas de ejercicio semanal.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Para el consumo de kW/mes en el bloque “D” donde se encuentra ubicado el centro de acondicionamiento físico (CAF), se tuvo en cuenta el inventario de consumo de luminarias, equipos de cómputo, equipos varios y se adiciono el consumo de equipos de gimnasio.

En la tabla 15 se puede apreciar la producción de energía en kW/mes frente al consumo en kW/mes en el bloque “D” donde está ubicado el gimnasio.

Tabla 16. kW/mes producidos y kW/mes consumidos en el CAF

| Producción vs Consumo de kW/mes en el Caf | |
|---|---------|
| Actividad | kW/mes |
| Producción | 160,95 |
| Consumo | 752,904 |

Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con la tabla anterior, se establece una comparación energética de producción y consumo en el centro de acondicionamiento físico (CAF) para poder estimar el porcentaje de energía que se podría cubrir frente al consumo total y determinar su viabilidad en diferentes aspectos a analizar. El porcentaje de producción de energía se puede apreciar en la siguiente gráfica:

Figura 42. kW/mes producidos vs kW/mes consumidos



Fuente: elaboración propia, 2018

El ahorro energético hallado de la producción por medio del ejercicio en kW/mes frente a los kW/mes consumidos en el bloque “D” donde se encuentra ubicado el gimnasio es de un 21%, es decir aproximadamente 161 kW de ahorro mensual aportados por el ejercicio realizado en las bicicletas eléctricas. Si se proyecta la cifra de producción de kW/mes a los 12 meses del año se obtendrían aproximadamente 1932 kW anualmente que se verían representados en un ahorro económico y en la

disminución de emisiones por consumo eléctrico, factor que contribuye a la transición a la sostenibilidad que busca la Universidad El Bosque.

Es importante tener en cuenta que la producción de energía obtenida fue el resultado de una muestra de 70 personas, por lo cual es posible que al realizar un estudio que abarque una población mayor se obtengan cifras mucho más significativas y probablemente la energía producida a partir del ejercicio aporte un porcentaje considerable frente al consumo teniendo en cuenta que con la muestra estudiada se obtuvo un 21% de ahorro energético.

9.15. *Determinar la viabilidad de implementación del modelo a nivel técnico, económico, ecológico y social*

En el desarrollo metodológico planteado, una vez se establece el sistema de generación de energía a proponer para el modelo y se estiman los cálculos de producción y consumo energético mensual, se determina como etapa final de la metodología la viabilidad del desarrollo del modelo teniendo en cuenta principalmente los requerimientos principales a nivel técnico, económico, ecológico y social.

9.16. *Viabilidad técnica*

En orden de que el desarrollo del modelo sea viable a nivel técnico, se establecen los principales requerimientos técnicos para el funcionamiento en la etapa de generación y gestión de la energía, es decir, en los modelos del generador, regulador, batería e inversor teniendo en cuenta características tales como el voltaje y la capacidad de almacenamiento y gestión de la energía.

- **Acople generador:** para la selección del generador, tal y como se describe en el encabezado, se parte de la característica de su adaptabilidad al sistema por rodillos, es decir, debe ser un generador con acople, que en este caso ira adaptado a los rodillos y logre transmitir la energía generada por la fricción de la rueda de la bicicleta y los rodillos. Para ellos se seleccionó el acople generador de la marca TTech con un rango de voltaje de 12V a 24V y una potencia de 350 W y un diámetro de 10 cm y un largo de 8cm (ver Anexo 8) tamaño apropiado con el poco espacio disponible para la implementación. El voltaje y la potencia fueron las principales características a tener en cuenta ya que en materia de infraestructura y por los cálculos de generación de kW/mes obtenidos, el acople generador debe tener características para ser implementado a pequeña escala.

Figura 43. Acople generador TTech 12/24V

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



Fuente: <https://www.ebay.com/i/232512161551?chn=ps>

- **Regulador:** el regulador seleccionado fue de la marca Wellsee de referencia WS-MPPT60, cuyas especificaciones cuentan con un voltaje de 12V, 24V y 48V, su ciclo de descarga es el 80%, un factor importante ya que es el encargado de regular la energía que entra y sale de la batería. Este modelo es característico por ser implementado en sistemas de generación fotovoltaica, por lo cual su adaptabilidad al modelo de generación propuesto es alta. De igual forma cuenta con dimensiones 210*125*50 mm, tamaño que se acomoda a las restricciones por disponibilidad de espacio.

Figura 44. Regulador Wellsee WS-MPPT60



Fuente: <http://www.wellsee.cc/goods-150-WELLSEE+mppt+solar+controller+WS-MPPT60+60A+12V24V.html>

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

- **Batería:** dentro de los criterios principales para la selección de la batería, el carácter sostenible fue uno de los principales en búsqueda de conservar el carácter de sostenibilidad que busca el sistema de generación, adicional a los ya mencionados. La batería Outback Power EnergyCell 200RE es un elemento implementado en sistemas fotovoltaico y ciclos de energía renovable para almacenamiento de energía. Soporta cargas de 200 amperios y tiene una capacidad de 12V, cuenta con tecnología para recombinación de gases y para reducir su necesidad de mantenimiento y alargar su vida útil.

Figura 45. Batería Outback Power EnergyCell 200RE



Fuente: https://www.ecodirect.com/Outback-EnergyCell-200RE-200AH-12V-Battery-p/outback-200re.htm?gclid=EAIaIQobChMIn-HB76uW3gIV1uDlCh12IgbtEAKYASABEGLryfD_BwE

- **Inversor:** el inversor como pieza final en la cadena de generación y gestión de la energía debe contar con características de adaptabilidad a corriente alterna y directa. En este caso, tal y como se ha mencionado, se tuvo en cuenta un inversor con características para sistemas fotovoltaicos y de ciclos de energía limpia, además del voltaje y la potencia. El inversor Y&H Grid Tie MPPT 1000 W, cuenta con una gestión de corriente directa de 10V a 30V y de corriente alterna de 90V a 140V, lo cual se adapta a la capacidad de voltaje de los demás elementos del sistema, adicional a sus dimensiones que abarcan gran parte del espacio conservando la pequeña escala del modelo.

Figura 46. Inversor Y&H Grid Tie MPPT 1000W



Fuente: https://www.amazon.com/Inverter-Stackable-DC10-8-30V-AC90-140V-Output/dp/B071NVS63B/ref=asc_df_B071NVS63B/?tag=hyprod-

[20&linkCode=df0&hvadid=198107824285&hvpos=1o2&hvnetw=g&hvrnd=14935441471105527166&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1015116&hvtargid=pla-364892523595&psc=1](https://www.amazon.com/Inverter-Stackable-DC10-8-30V-AC90-140V-Output/dp/B071NVS63B/ref=asc_df_B071NVS63B/?tag=hyprod-20&linkCode=df0&hvadid=198107824285&hvpos=1o2&hvnetw=g&hvrnd=14935441471105527166&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1015116&hvtargid=pla-364892523595&psc=1)

9.17. Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica del proyecto se determinara el valor generado por la producción de energía a partir del movimiento en kW/mes y los costos generados en la inversión para el desarrollo del modelo, de manera que se logre estimar la tasa de retorno de la inversión en el caso de implementar el modelo de generación energética planteado.

- **Valor generado por producción energética a partir del movimiento:** Para estimar el valor generado por la energía obtenida a partir del movimiento, se tendrán en cuenta los kW/mes calculados en el objetivo específico dos y a partir de ellos se tomará el precio establecido por Codensa para kW en las instalaciones de la Universidad El Bosque. De acuerdo con un recibo de Codensa suministrado por el área de Desarrollo físico y mantenimiento para el período de Marzo – Abril, el costo por kW es de \$448,0228 (ver Anexo 9). A partir de ello se estima el valor en \$ mensuales generados por la actividad física en el gimnasio, así:

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Figura 47. Cálculo de \$/mes generados por actividad física

$$\frac{\$}{mes} = 160,95 \text{ kW} * mes * \frac{\$448,0228}{1 \text{ kW}} = \$72109,27/mes$$

Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con lo anterior, se generan aproximadamente \$72109 pesos mensuales a partir de la actividad física realizada en las bicicletas estáticas del centro de acondicionamiento físico de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén.

- **Costo de implementación del modelo:** para determinar el valor de implementación del modelo, se debe estimar el costo total de la inversión dentro del cual se contemplan únicamente los valores de cada uno de los equipos establecidos en la viabilidad técnica del modelo y las unidades necesarias para su implementación, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 17. Costo de equipos del sistema de generación de energía

| Costos de equipos sistema de generación de energía bicicletas | | | | |
|---|----------------|-------------|----------|---------------------|
| Equipo | Costo unitario | Valor en \$ | Cantidad | Total en \$ |
| Rodillo generador 12v | \$24.000 | \$24.000 | 8 | \$192.000 |
| Generador TTech 12V/24V | US\$59 | \$163.430 | 8 | \$1'307.440 |
| Regulador Wellsee WS-MPPT60 | US\$34 | \$94.180 | 8 | \$753.440 |
| Batería Outback Power EnergyCell 200RE (Par) | US\$430 | \$1'191.100 | 4 | \$4'764.400 |
| Inversor Y&H Grid Tie MPPT 1000W | US\$125 | \$346.250 | 8 | \$2'770.000 |
| Total | | | | \$ 9'787.280 |

Fuente: elaboración propia, 2018

En el desarrollo de la tabla 16, para los equipos cuyos precios se encontraron registrados en US\$, se realizó la conversión de cada uno de los valores teniendo en cuenta la TRM actual de \$2.770 por cada US\$. Como se puede ver en la tabla anterior el costo de los equipos para la implementación del sistema de generación de energía es de \$9'787.280 para un sistema de generación de energía aislado a la red de 8 bicicletas estáticas.

- **Tiempo de retorno de la inversión:** al calcular el tiempo de retorno de la inversión, se debe tener en cuenta el costo total de la inversión y el ahorro generado en \$ por la energía producida en el centro de acondicionamiento físico (CAF) en un período de tiempo definido, en este caso el período de tiempo es en años, donde:

Figura 48. Tiempo de retorno de inversión

$$t \text{ retorno de inversión} = \frac{\text{costo en \$ de equipos del sistema de generación}}{\left(\frac{\$}{\text{mes}} \text{ producidos en el CAF} \cdot \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}\right)}$$

De manera que

$$t \text{ de retorno de inversión} = \frac{\$9'787.280}{\left(\frac{\$72.109}{\text{mes}} \cdot \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}\right)} = 11,3 \sim 11 \text{ años}$$

Fuente: elaboración propia, 2018

Con base en la ecuación anterior se obtiene que el tiempo de retorno de la inversión del sistema de generación de energía aislado a la red para bicicletas estáticas en el CAF es de aproximadamente 11 años.

9.18. Viabilidad ecológica

Al determinar la viabilidad ecológica, se tuvo en cuenta el principal impacto a mitigar en el desarrollo del proyecto y al ser este acerca de consumo de energía eléctrica se buscó determinar las emisiones de CO₂ evitadas y de igual forma su equivalencia en cantidad de árboles para establecer la relevancia ambiental frente al consumo de recursos.

- **Kg de CO₂ evitados:** para calcular las emisiones generadas por el consumo de energía, puntualmente de kW, se utilizó la calculadora de emisiones de la UPME, mediante la cual se obtienen los Kg de CO₂ al introducir los kWh/año, de manera que, los 193,4 kWh/año producidos a partir del ejercicio son equivalentes a 384,269 Kg de CO₂ evitadas al año (ver Anexo 10).
- **Árboles equivalentes:** en orden de establecer la relevancia ambiental y ecológica en la realización del proyecto, se busca presentar de una manera medible el impacto positivo de la implementación del mismo. Tal y como se mencionó anteriormente, se plantea la equivalencia de Kg de CO₂ en cantidad necesaria de árboles para absorber la misma. Un árbol en promedio

puede absorber aproximadamente 20 Kg de CO₂ al año (AQUAE, 2016). De acuerdo con lo anterior se puede establecer la cantidad de árboles que ahorramos para abastecer nuestra necesidad de consumo de energía así:

Figura 49. Cálculo de árboles ahorrados por Kg de CO₂

$$\text{árboles ahorrados} = \frac{\text{Kg de CO}_2 \text{ evitados al año}}{\text{Kg de CO}_2 \text{ absorbidos por árbol al año}}$$

Donde:
Kg de CO₂ evitados al año = 384,269
Kg de CO₂ absorbidos por árbol al año = 20
De manera que:

$$\text{árboles ahorrados} = \frac{384,269 \text{ Kg de CO}_2}{20 \text{ Kg de CO}_2} = 19,2 \sim 19$$

Fuente: elaboración propia, 2018

De acuerdo con lo anterior, se establece que se evita hacer uso de aproximadamente 19 árboles anualmente para absorber las emisiones evitadas por consumo de energía en el CAF de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén. Teniendo en cuenta la fuente de energía de donde provienen los Kg de CO₂ evitados, es importante resaltar la importancia de la contribución de evitar el uso de 19 árboles anualmente por realizar actividad física en una bicicleta estática.

9.19. Viabilidad Social

La viabilidad a nivel social para el presente proyecto presenta la complejidad de la medición de la misma, ya que se abarcan factores que involucran principalmente la salud, el estado del ambiente y las buenas prácticas y buenos hábitos. Es por eso que en el marco de la viabilidad social del proyecto se abordan tres componentes principales en términos beneficiosos para: salud, ambiente y buenas prácticas.

- **Salud:** En términos generales, la actividad física es beneficiosa en todas sus disciplinas siempre y cuando se consideren los factores de riesgo de la actividad y se establezcan los límites diferentes para cada persona. Al relacionar el modelo de generación de energía propuesto en el cual se incluyeron bicicletas estáticas como medio físico principal para la generación, se tienen en cuenta los diferentes beneficios al montar bicicleta estática o realizar spinning.

Al igual que otras actividades denominadas dentro del grupo cardio, la bicicleta estática o el spinning presentan una mayor cantidad de beneficios en los individuos a nivel cardiovascular. Realizar la actividad durante al menos tres días a la semana promueve la regulación del pulso durante el reposo mejorando la oxigenación de diferentes zonas musculares del cuerpo, de igual forma, contribuye en la desaparición de enfermedades como el asma, la diabetes mediante el mejoramiento de la circulación del oxígeno en la sangre y en la rehabilitación de enfermedades coronarias (Cuenu, 2012).

De igual forma, a nivel psicológico presenta gran número de beneficios, como la disminución de los niveles de ansiedad y estrés y en tratamientos para trastornos como la depresión ya que se elevan los niveles de dopamina y serotonina al realizar actividad física, sumado a la posibilidad que brinda la actividad para adicionar factores como escuchar música o abrir espacios para relacionarse socialmente (Quintero, 2001).

- **Ambiente:** tal y como se puede apreciar en la viabilidad ambiental y en general a lo largo del proyecto, la promoción de formas de energía alternativas y no convencionales presentan impactos positivos en general para el bienestar humano. La generación de energía a partir de la actividad física reúne un conjunto de factores que contribuyen a un ambiente sano mientras se mejoran factores como la salud física, mental y los buenos hábitos.

Si bien al realizar ejercicio de spinning o al utilizar la bicicleta estática, se evita la generación de Kg de CO₂, contribuyendo a un ambiente más sano para vivir, por medio de la implementación del sistema de generación de energía a partir de las bicicletas estáticas en el CAF se brinda la posibilidad a cada una de las personas de la comunidad de la Universidad El Bosque de contribuir al cuidado del ambiente sin importar el programa o el área en la que se esté involucrado. Esto contribuye en el aumento de la sensación de bienestar al conocer el impacto positivo que se genera por una actividad que puede no tener mucha relevancia para muchos como lo es montar bicicleta.

- **Buenas prácticas:** como bien es sabido, las costumbres, tradiciones, entre otros, son actos y acciones que se transmiten por generaciones dado su carácter repetitivo en una comunidad o un grupo y que al ser inculcado desde temprana edad en la mayoría de los casos perdura con el pasar de los años. El hábito es definido como cierta conducta que se repite en el tiempo de modo sistemático, de igual forma es definido como, una disposición a actuar de una manera determinada y dicha determinación está impulsada por un propósito (Castaño, 2011).

La implementación de un sistema de generación de energía a partir de bicicletas estáticas, a nivel instituciones promueve el desarrollo de buenas prácticas en la comunidad de la Universidad El Bosque, ya que, brinda la posibilidad de contribuir al cuidado del ambiente mientras a su vez se realiza actividad física ayudando al estado de salud del individuo. De manera indirecta, y como bien se ha mencionado, la promoción de estas buenas prácticas y buenos hábitos abren la posibilidad de impactar a la comunidad externa a la institución por medio de cada uno de los individuos de la misma a través de la percepción y motivación por las buenas prácticas y los buenos hábitos, de manera que dichas costumbres o posibilidades sean llevadas a casa y a familiares o amigos cercanos.

Conclusiones

Las fuentes de energía no convencionales se encuentran en gran parte de las acciones que desarrolla el ser humano en su diario vivir, como en el movimiento a partir del caminar, trotar o montar bicicleta, como en el entorno por acción del rozamiento con el viento, etc. Estas fuentes en general son un potencial que ha sido subestimado por diferentes factores que involucran la economía y la tecnología principalmente, pero son un amplio campo por descubrir que pueden dar soluciones a gran parte de las problemáticas que afronta el planeta hoy en día.

Para la proposición de un modelo de generación de energía a partir de una fuente no convencional como eólica, fotovoltaica o como en el presente proyecto, por energía biomotriz, es importante tener en cuenta todas y cada una de las variables que intervienen directa e indirectamente en la fuente, ya que, todas y cada una de ellas van a afectar en pequeña y gran manera el resultado a proponer.

El centro de acondicionamiento físico (CAF) de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén cuenta con una infraestructura apropiada y equipos suficientes para el desarrollo de un modelo de generación de energía aislado a la red a partir del movimiento. Si bien, en el modelo planteado se tienen en cuenta exclusivamente las bicicletas, existen las herramientas para implementarlo en diferentes máquinas como la elíptica, caminadora y las máquinas multifuerza.

Es importante tener en cuenta al momento de definir un sistema de generación, la matriz energética y la infraestructura de la red eléctrica de la región o el país. En este caso, el sistema eléctrico Colombiano no brinda un gran número de posibilidades o alternativas de aplicación de un sistema de generación alternativa pero se han establecido los primeros propósitos en el decreto 0570 de 2018.

Si bien la muestra seleccionada para la obtención de los datos presentó una confiabilidad de casi el 90%, la relación de producción de energía es directamente proporcional a la cantidad de personas que realicen actividad física, de manera que si la totalidad de los usuarios registrados realizan actividad física, se obtendrá una producción de energía mensual más grande.

De acuerdo con los datos obtenidos en la muestra, existe un predominio de población joven entre los 20 y 27 años de asistencia al CAF frente al resto de la muestra encuestada que presentó edades oscilando entre los 30 y 58 años.

La metodología empleada en la investigación fue adecuada, sin embargo, la recopilación de datos a partir de encuestas presenta una serie de dificultades por diferentes motivos como privacidad de datos, un tamaño muy amplio de la población a encuestar o disposición y tiempo de los encuestados y esto se verá reflejado en la veracidad y efectividad de los datos obtenidos.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Para lograr estimar una cifra acertada y precisa en la producción de energía a partir del movimiento es importante tener en cuenta el mayor número de variables que se puedan estudiar y obtener, como peso, estatura, revoluciones por minuto de pedaleo, dieta del individuo, largo de la vuela de la bicicleta, estado físico del individuo, etc. Mientras mayor cantidad de variables se vean involucradas en los cálculos, más precisos serán los mismos.

La producción de energía mensual a partir del movimiento en el CAF fue de 160,95 kW, representado en un 21% del consumo mensual del gimnasio, dicho porcentaje tal y como fue mencionado anteriormente puede ser mayor mientras la totalidad de los registrados en el gimnasio asistan a realizar deporte.

De acuerdo con la información consultada, los sistemas de generación distribuida, tanto directos como aislados a la red, a partir de energía biomotriz, presentan grandes similitudes con sistemas a partir de energía fotovoltaica y eólica, principalmente a nivel técnico y en compatibilidad de equipos, por lo cual pueden ser desarrollados de manera conjunta.

En el costo de inversión, uno de los equipos más costosos es la batería de almacenamiento, de manera que puede existir una optimización de recursos si se busca la manera de evitar el almacenamiento de la energía producida.

El tiempo de retorno de la inversión calculado fue de aproximadamente 11 años, un tiempo bastante amplio en términos de recuperación de la inversión, sin embargo, tal y como se ha mencionado anteriormente mientras aumente el tamaño de la población de usuarios, mayor será la generación de energía disminuyendo los costos, de igual forma, a partir de la depreciación acelerada de los equipos de la ley 1715 de 2014 podría llegar a disminuir los costos hasta en un 50%.

Es importante resaltar la viabilidad ambiental del proyecto, ya que el sistema de generación de energía propuesto evitaría la emisión de aproximadamente 384 Kg de CO₂ anualmente, esto es equivalente a generar un ahorro de al menos 19 árboles al año, necesarios para captar las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, además de impactar de una manera positiva a partir de realizar una actividad que puede ser considerada de esparcimiento como lo es montar bicicleta.

La viabilidad social del proyecto relaciona el bienestar en materia de salud a partir de buenas prácticas y el ambiente, es decir, se relacionan entre sí, ya que, al realizar actividad física se generan beneficios a nivel psicológico y cardiovascular, generando valor implementando buenas prácticas y buenos hábitos al cuidado del ambiente disminuyendo emisiones generadas que al final derivan en impactos positivos para la salud y el entorno de los individuos.

Recomendaciones

Se recomienda para próximos estudios desarrollados en el centro de acondicionamiento físico (CAF) tener en cuenta en la metodología desarrollar pruebas piloto a una población de individuos definida con características distintas en orden de obtener datos de variables más puntuales para obtener unos cálculos más acertados.

Para el desarrollo de investigaciones que involucren la actividad física, existen varios softwares como RETScreen que facilitan la medición de los datos e involucran gran cantidad de variables complejas de obtener como las pulsaciones, arrojando datos comparables en términos de análisis energético y análisis financiero.

Teniendo en cuenta la similitud de los diferentes sistemas de generación a nivel estructural, se recomienda el desarrollo conjunto de un sistema de generación distribuida que involucre fuentes de generación alternativas como bicicletas estáticas, caminadoras, elípticas, paneles fotovoltaicos y turbinas eólicas para de esa manera buscar abastecer la energía utilizada en el CAF de la Universidad El Bosque.

De igual forma, en pro del desarrollo de un sistema de generación amplio e interdisciplinar como se mencionó anteriormente, se recomienda la reorganización o redistribución del espacio actual del gimnasio donde se pueda destinar un espacio puntual para un desarrollo infraestructural adecuado para el modelo ya que la distribución actual cuenta con pocos espacios disponibles y de área mínima.

Es importante tener en cuenta en la inversión de compra de equipos que al tener una distribución óptima del espacio de manera que hayan condiciones infraestructurales adecuadas, se puede implementar el sistema de generación distribuida de forma interconectada, disminuyendo las unidades necesarias para algunos equipos, optimizando la utilización de los equipos y disminuyendo el costo de compra de los mismos.

Es importante tener en cuenta alternativas adicionales al almacenamiento de energía como la inyección directa de la energía producida a la red o interconectar cada uno de los equipos consumidores de energía entre sí de manera que se evite la compra de baterías para almacenamiento.

Se recomienda tener en cuenta al momento de realizar el análisis para determinar la viabilidad de la inversión, las normas de extensiones tributarias existentes en la ley 1715 de 2014, ya que, existen descuentos en IVA y renta por inversión en energías no convencionales

De igual forma, se recomienda la implementación de estímulos visuales en el sistema de generación de energía de manera que se pueda apreciar el número de kW producidos mientras se va realizando actividad física, para promover la motivación de los individuos y hacer más tangible el aporte de generación de energía limpia.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Por último y teniendo en cuenta la recomendación anterior, para fomentar la actividad física dentro de la comunidad de la Universidad El Bosque, se recomienda desarrollar de manera conjunta con el modelo, incentivos para la comunidad a los individuos que logren realizar los mayores aportes de energía por mes.

Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). Alcaldía Mayor de Bogotá. Obtenido de <http://bogota.gov.co/ciudad/ubicacion>
- Aldas W., Pástor, E., Ramos, A., y Vayas S. (2013). Adaptación de una bicicleta estática para Generación de energía eléctrica y almacenamiento en una batería (tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Asensio R., García, E., y Martínez E. (1998). *La sostenibilidad del desarrollo: el caso valenciano*. Universitat de Valencia. Valencia, España.
- Balaguera, D., Cortés, A., & Urueña, M. (2012). *Distributed generation scheme analysis as an option for bogotá electrical system. Energies and energy quality*.
- Barba S., y Chiluiza, S. (2016). *Generación en caminadora* (tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangloquí, Ecuador.
- Barón L. & Mahecha L. (2015). *Construcción de prototipo de máquina multifuerza para la generación de energía eléctrica por medio de esfuerzo físico como suplemento a la demanda energética* (tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
- Bravo, P. (2015). *Sistemas de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas en un gimnasio y viabilidad de apoyo fotovoltaico* (tesis de pregrado). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Buffa, W. (2003). Conceptos universales de la física. Recuperado el 18 de septiembre de 2017.
- Benítez, Y., González, J., y Rosero, J. (2013). Producción energética en un modelo para gimnasios colombianos. *Visión Electrónica*. 7(2), pp. 125-134.
- Cámara Argentina de la Construcción. (2013). Reducción de pérdidas en sistemas de transmisión y distribución. Beneficios económicos y ambientales. Recuperado de www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=1707
- Carrión, D., y Ortiz, L. (2015). Generación de energía a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos. *Ingenius*. (10), pp. 44-48.
- Carmona, A., Sánchez, A., y Ortega, Andrés. (2012). *Generación de energía eléctrica por pedaleo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- Castaño, A. (2011). Introducción al concepto de hábito de Charles Peirce para el comportamiento del consumidor. *Punto de vista*. (3), pp. 9-14.
- Contreras, O. (5 de abril de 2013). Metodología de la investigación. Obtenido de <http://mscomairametodologiadelainvestigacion.blogspot.com.co/2013/04/tecnicas-einstrumentos-de.html>
- Cueno, L. (2012). *Ciclismo bajo techo o spinning: impacto social y biomédico en Santiago de Cali (Colombia)* (trabajo de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Dávila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, vol.12, pp.180-205.
- Ferrer, J. (2010). La técnica en el método científico. Obtenido de <http://metodologia02.blogspot.com.co/p/tecnicas-de-la-investigacion.html>
- Guilmore, A. M. (2008). Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity. *Guelph Engineering Journal*.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

- Hernández S. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F., México: McGraw Hill.
- Human Power as a viable electricity portfolio. Energy for sustainable development.
- McCullagh, J. (1997). *Pedal power: In work, leisure and transportation*. Nueva York: Rodale Press.
- Mechtenberg, A., Borches, K., Wokulira, E., Hormasji, F., Hariharan, A., & Makanda, J. (2012). *Human Power as a viable electricity portfolio*. Energy for sustainable development.
- Ministerio de Minas y Energía. (23 de marzo de 2018). Presidencia. Obtenido de Decreto 0570: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%200570%20DEL%2023%20DE%20MARZO%20DE%202018.pdf>
- Molina Triana, A. G. (2011). Congreso Visible. Obtenido de <http://www.congresovisible.org/agora/post/la-constitucion-del-91-y-sus-garantiasambientales/1657/>
- Quintero O. (2001). Spinning. *Carta de la salud*. 63, pp. 1-4.
- Rodríguez Hernández A. (noviembre, 2009). *La generación distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional*. Trabajo presentado en Colombia.
- Salamanca, J. (2017). *Diseño de una máquina elíptica para generación de energía eléctrica* (tesis de grado). Universidad de América, Bogotá, Colombia.
- Solano González, G. (2015). *Estudio de Viabilidad Técnica de Generación de Energía Eléctrica por Medio de Energía Biomotriz* (tesis de grado). Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia.
- Trujillo Corredor, R. (2013). Alcaldía Mayor de Bogotá. Obtenido de Dinámica de la construcción por usos: Localidad de Usaquén: https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/19_0.pdf
- Universidad El Bosque. (2016). Plan de Desarrollo Institucional. Universidad El Bosque. Recuperado de <http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/2017-11/Plan%20de%20Desarrollo%20Institucional%202016-2021.pdf>
- Unidad de Gestión Ambiental. (2018). *Plan de Ahorro y Uso Eficiente de Energía (PAUEE)* (tesis de grado). Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia.
- Visiga, D. (2009). *Generación eléctrica mediante un sistema híbrido hidráulico-fotovoltaico aislado de la red para una pequeña población rural* (Memoria). Universidad de Barcelona y Universidad de Cataluña, Cataluña, España.
- Vondrais K., y McCal T. (s.f.) Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas.

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Anexos

Anexo 1. Modelo de encuesta desarrollado a los asistentes del CAF

Registro de uso de bicicletas estáticas en el gimnasio (CAF) - Universidad El Bosque

Esta encuesta tiene fines netamente académicos para estimar una posible producción de energía a partir de las bicicletas estáticas del centro de acondicionamiento físico (CAF) de la Universidad El Bosque. A continuación responda las siguientes preguntas si hace uso de las bicicletas estáticas del gimnasio del campus.

Edad

Texto de respuesta breve

Sexo

Femenino

Masculino

Días de uso por semana

1 día

2 días

3 días

4 días

5 días

6 días

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Peso (kg)

Texto de respuesta breve

Nivel de uso

Ligero (Suave)

Medio

Avanzado (Duro)

Tiempo de uso diario (en minutos)

Texto de respuesta breve

Anexo 2. Datos obtenidos a 70 asistentes encuestados

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| Registro uso de bicicleta estática | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|------|---|-----------|-----------------|-------|----------|-----------------------------|------------------------|
| Nº Dato | Edad (años) | Sexo | | Peso (Kg) | Nivel bicicleta | | | Tiempo de uso (minutos/día) | Días de uso por semana |
| | | M | F | | Suave | Medio | Avanzado | | |
| 1 | 27 | | x | 58 | | x | | 10 | 1 |
| 2 | 21 | x | | 59 | x | | | 45 | 2 |
| 3 | 19 | x | | 83 | | | x | 30 | 3 |
| 4 | 18 | x | | 61 | x | | | 5 | 5 |
| 5 | 35 | x | | 74 | x | | | 20 | 1 |
| 6 | 42 | | x | 60 | | x | | 30 | 4 |
| 7 | 58 | x | | 61 | x | | | 20 | 1 |
| 8 | 23 | | x | 38 | x | | | 5 | 3 |
| 9 | 20 | | x | 95 | x | | | 120 | 2 |
| 10 | 23 | | x | 58 | | x | | 40 | 5 |
| 11 | 21 | x | | 65 | x | | | 10 | 1 |
| 12 | 26 | x | | 68 | | x | | 40 | 3 |
| 13 | 24 | x | | 75 | | x | | 15 | 3 |
| 14 | 26 | x | | 78 | x | | | 15 | 3 |
| 15 | 47 | | x | 70 | x | | | 15 | 2 |
| 16 | 28 | x | | 63 | | x | | 20 | 2 |
| 17 | 23 | x | | 71 | | x | | 20 | 4 |
| 18 | 21 | x | | 63 | x | | | 15 | 2 |
| 19 | 36 | x | | 85 | x | | | 20 | 1 |
| 20 | 23 | x | | 68 | | x | | 20 | 3 |
| 21 | 32 | x | | 80 | | x | | 20 | 4 |
| 22 | 32 | x | | 78 | x | | | 20 | 2 |
| 23 | 22 | x | | 70 | x | | | 15 | 3 |
| 24 | 24 | x | | 50 | x | | | 15 | 1 |
| 25 | 21 | x | | 75 | | x | | 10 | 3 |
| 26 | 28 | x | | 68 | x | | | 15 | 1 |
| 27 | 24 | x | | 74 | x | | | 5 | 1 |
| 28 | 24 | x | | 75 | | x | | 15 | 2 |
| 29 | 19 | | x | 50 | | x | | 10 | 2 |
| 30 | 21 | x | | 80 | | x | | 30 | 3 |
| 31 | 21 | x | | 62 | | | x | 10 | 4 |
| 32 | 22 | | x | 56 | | x | | 15 | 4 |
| 33 | 21 | x | | 74 | | x | | 15 | 5 |
| 34 | 23 | x | | 61 | x | | | 20 | 4 |
| 35 | 25 | x | | 65 | | | x | 60 | 5 |
| 36 | 21 | x | | 72 | x | | | 20 | 1 |
| 37 | 31 | x | | 62 | x | | | 15 | 2 |
| 38 | 19 | x | | 72 | | x | | 10 | 3 |
| 39 | 34 | x | | 71 | | x | | 10 | 2 |
| 40 | 25 | | x | 53 | | x | | 30 | 6 |
| 41 | 22 | x | | 79 | | x | | 20 | 4 |
| 42 | 19 | x | | 55 | | x | | 60 | 4 |
| 43 | 28 | x | | 69 | x | | | 15 | 1 |
| 44 | 21 | x | | 82 | | x | | 10 | 3 |
| 45 | 24 | x | | 71 | | x | | 20 | 3 |
| 46 | 18 | x | | 100 | x | | | 15 | 3 |
| 47 | 17 | x | | 64 | x | | | 20 | 1 |
| 48 | 23 | | x | 62 | | x | | 40 | 5 |
| 49 | 23 | | x | 62 | | x | | 40 | 5 |
| 50 | 21 | x | | 80 | | x | | 10 | 2 |
| 51 | 22 | | x | 50 | | | x | 15 | 5 |
| 52 | 21 | x | | 73 | x | | | 15 | 1 |
| 53 | 21 | | x | 55 | | x | | 20 | 3 |
| 54 | 20 | | x | 54 | | x | | 10 | 2 |
| 55 | 20 | | x | 65 | | x | | 15 | 2 |
| 56 | 24 | x | | 67 | x | | | 5 | 2 |
| 57 | 22 | | x | 63 | x | | | 15 | 3 |
| 58 | 20 | x | | 63 | | x | | 10 | 2 |
| 59 | 22 | x | | 68 | x | | | 5 | 1 |
| 60 | 19 | | x | 57 | | x | | 15 | 2 |
| 61 | 21 | x | | 80 | x | | | 10 | 4 |
| 62 | 21 | x | | 60 | | x | | 20 | 3 |
| 63 | 24 | x | | 73 | | x | | 45 | 4 |
| 64 | 18 | | x | 70 | | x | | 50 | 2 |
| 65 | 21 | x | | 58 | x | | | 90 | 3 |
| 66 | 43 | | x | 60 | x | | | 20 | 3 |
| 67 | 25 | x | | 74 | | x | | 10 | 2 |
| 68 | 27 | | x | 58 | | x | | 45 | 5 |
| 69 | 23 | x | | 80 | | | x | 20 | 3 |
| 70 | 24 | | x | 65 | | | x | 10 | 5 |

Anexo 3. Datos obtenidos a baja intensidad

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| Kcal producidas por semana en nivel ligero | | | | | | | | | |
|--|------|------|-----------|-----------------------------|------------------------|------------|---------------------|--------------|--------------|
| Nº Dato | Edad | Sexo | Peso (Kg) | Tiempo de uso (minutos/día) | Días de uso por semana | Tiempo (h) | Horas de uso/semana | Kcal/semana | kW/semana |
| 1 | 21 | M | 59 | 45 | 2 | 0,75 | 1,5 | 619,5 | 0,72 |
| 2 | 18 | M | 61 | 5 | 5 | 0,08333333 | 0,416666667 | 172,08333333 | 0,2 |
| 3 | 35 | M | 74 | 20 | 1 | 0,33333333 | 0,333333333 | 137,66666667 | 0,16 |
| 4 | 58 | M | 61 | 20 | 1 | 0,33333333 | 0,333333333 | 137,66666667 | 0,16 |
| 5 | 23 | F | 38 | 5 | 3 | 0,08333333 | 0,25 | 103,25 | 0,12 |
| 6 | 20 | F | 95 | 120 | 2 | 2 | 4 | 1652 | 1,92 |
| 7 | 21 | M | 65 | 10 | 1 | 0,16666667 | 0,166666667 | 68,83333333 | 0,08 |
| 8 | 26 | M | 78 | 15 | 3 | 0,25 | 0,75 | 309,75 | 0,36 |
| 9 | 47 | F | 70 | 15 | 2 | 0,25 | 0,5 | 206,5 | 0,24 |
| 10 | 21 | M | 63 | 15 | 2 | 0,25 | 0,5 | 206,5 | 0,24 |
| 11 | 36 | M | 85 | 20 | 1 | 0,33333333 | 0,333333333 | 137,66666667 | 0,16 |
| 12 | 32 | M | 78 | 20 | 2 | 0,33333333 | 0,666666667 | 275,33333333 | 0,32 |
| 13 | 22 | M | 70 | 15 | 3 | 0,25 | 0,75 | 309,75 | 0,36 |
| 14 | 24 | M | 50 | 15 | 1 | 0,25 | 0,25 | 103,25 | 0,12 |
| 15 | 28 | M | 68 | 15 | 1 | 0,25 | 0,25 | 103,25 | 0,12 |
| 16 | 24 | M | 74 | 5 | 1 | 0,08333333 | 0,083333333 | 34,41666667 | 0,04 |
| 17 | 23 | M | 61 | 20 | 4 | 0,33333333 | 1,333333333 | 550,66666667 | 0,64 |
| 18 | 21 | M | 72 | 20 | 1 | 0,33333333 | 0,333333333 | 137,66666667 | 0,16 |
| 19 | 31 | M | 62 | 15 | 2 | 0,25 | 0,5 | 206,5 | 0,24 |
| 20 | 28 | M | 69 | 15 | 1 | 0,25 | 0,25 | 103,25 | 0,12 |
| 21 | 18 | M | 100 | 15 | 3 | 0,25 | 0,75 | 309,75 | 0,36 |
| 22 | 17 | M | 64 | 20 | 1 | 0,33333333 | 0,333333333 | 137,66666667 | 0,16 |
| 23 | 21 | M | 73 | 15 | 1 | 0,25 | 0,25 | 103,25 | 0,12 |
| 24 | 24 | M | 67 | 5 | 2 | 0,08333333 | 0,166666667 | 68,83333333 | 0,08 |
| 25 | 22 | F | 63 | 15 | 3 | 0,25 | 0,75 | 309,75 | 0,36 |
| 26 | 22 | M | 68 | 5 | 1 | 0,08333333 | 0,083333333 | 34,41666667 | 0,04 |
| 27 | 21 | M | 80 | 10 | 4 | 0,16666667 | 0,666666667 | 275,33333333 | 0,32 |
| 28 | 21 | M | 58 | 90 | 3 | 1,5 | 4,5 | 1858,5 | 2,16 |
| 29 | 43 | F | 60 | 20 | 3 | 0,33333333 | 1 | 413 | 0,48 |
| Total | | | | | | | | 9086 | 10,56 |

Anexo 4. Datos obtenidos a media intensidad

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| Kcal producidas por semana en nivel medio | | | | | | | | | |
|---|------|------|-----------|-----------------------------|------------------------|------------|---------------------|--------------|--------------|
| Nº Dato | Edad | Sexo | Peso (Kg) | Tiempo de uso (minutos/día) | Días de uso por semana | Tiempo (h) | Horas de uso/semana | Kcal/semana | kW/semana |
| 1 | 27 | F | 58 | 10 | 1 | 0,16666667 | 0,16666667 | 103,3333333 | 0,12 |
| 2 | 42 | F | 60 | 30 | 4 | 0,5 | 2 | 1240 | 1,44 |
| 3 | 23 | F | 58 | 40 | 5 | 0,66666667 | 3,333333333 | 2066,666667 | 2,4 |
| 4 | 26 | M | 68 | 40 | 3 | 0,66666667 | 2 | 1240 | 1,44 |
| 5 | 24 | M | 75 | 15 | 3 | 0,25 | 0,75 | 465 | 0,54 |
| 6 | 28 | M | 63 | 20 | 2 | 0,33333333 | 0,66666667 | 413,3333333 | 0,48 |
| 7 | 23 | M | 71 | 20 | 4 | 0,33333333 | 1,333333333 | 826,6666667 | 0,96 |
| 8 | 23 | M | 68 | 20 | 3 | 0,33333333 | 1 | 620 | 0,72 |
| 9 | 32 | M | 80 | 20 | 4 | 0,33333333 | 1,333333333 | 826,6666667 | 0,96 |
| 10 | 21 | M | 75 | 10 | 3 | 0,16666667 | 0,5 | 310 | 0,36 |
| 11 | 24 | M | 75 | 15 | 2 | 0,25 | 0,5 | 310 | 0,36 |
| 12 | 19 | F | 50 | 10 | 2 | 0,16666667 | 0,333333333 | 206,6666667 | 0,24 |
| 13 | 21 | M | 80 | 30 | 3 | 0,5 | 1,5 | 930 | 1,08 |
| 14 | 22 | F | 56 | 15 | 4 | 0,25 | 1 | 620 | 0,72 |
| 15 | 21 | M | 74 | 15 | 5 | 0,25 | 1,25 | 775 | 0,9 |
| 16 | 19 | M | 72 | 10 | 3 | 0,16666667 | 0,5 | 310 | 0,36 |
| 17 | 34 | M | 71 | 10 | 2 | 0,16666667 | 0,333333333 | 206,6666667 | 0,24 |
| 18 | 25 | F | 53 | 30 | 6 | 0,5 | 3 | 1860 | 2,16 |
| 19 | 22 | M | 79 | 20 | 4 | 0,33333333 | 1,333333333 | 826,6666667 | 0,96 |
| 20 | 19 | M | 55 | 60 | 4 | 1 | 4 | 2480 | 2,88 |
| 21 | 21 | M | 82 | 10 | 3 | 0,16666667 | 0,5 | 310 | 0,36 |
| 22 | 24 | M | 71 | 20 | 3 | 0,33333333 | 1 | 620 | 0,72 |
| 23 | 23 | F | 62 | 40 | 5 | 0,66666667 | 3,333333333 | 2066,666667 | 2,4 |
| 24 | 23 | F | 62 | 40 | 5 | 0,66666667 | 3,333333333 | 2066,666667 | 2,4 |
| 25 | 21 | M | 80 | 10 | 2 | 0,16666667 | 0,333333333 | 206,6666667 | 0,24 |
| 26 | 21 | F | 55 | 20 | 3 | 0,33333333 | 1 | 620 | 0,72 |
| 27 | 20 | F | 54 | 10 | 2 | 0,16666667 | 0,333333333 | 206,6666667 | 0,24 |
| 28 | 20 | F | 65 | 15 | 2 | 0,25 | 0,5 | 310 | 0,36 |
| 29 | 20 | M | 63 | 10 | 2 | 0,16666667 | 0,333333333 | 206,6666667 | 0,24 |
| 30 | 19 | F | 57 | 15 | 2 | 0,25 | 0,5 | 310 | 0,36 |
| 31 | 21 | M | 60 | 20 | 3 | 0,33333333 | 1 | 620 | 0,72 |
| 32 | 24 | M | 73 | 45 | 4 | 0,75 | 3 | 1860 | 2,16 |
| 33 | 18 | F | 70 | 50 | 2 | 0,83333333 | 1,66666667 | 1033,333333 | 1,2 |
| 34 | 25 | M | 74 | 10 | 2 | 0,16666667 | 0,333333333 | 206,6666667 | 0,24 |
| 35 | 27 | F | 58 | 45 | 5 | 0,75 | 3,75 | 2325 | 2,7 |
| Total | | | | | | | | 29605 | 34,38 |

Anexo 5. Datos obtenidos a alta intensidad

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| Kcal producidas/semana en nivel avanzado | | | | | | | | | |
|--|------|------|-----------|-----------------------------|------------------------|------------|----------------------|---------------|---------------|
| Nº Dato | Edad | Sexo | Peso (Kg) | Tiempo de uso (minutos/día) | Días de uso por semana | Tiempo (h) | Horas de uso /semana | Kcal/semana | kW/semana |
| 1 | 19 | M | 83 | 30 | 3 | 0,5 | 1,5 | 1107 | 1,275 |
| 2 | 21 | M | 62 | 10 | 4 | 0,1666667 | 0,66666667 | 492 | 0,56666667 |
| 3 | 25 | M | 65 | 60 | 5 | 1 | 5 | 3690 | 4,25 |
| 4 | 22 | F | 50 | 15 | 5 | 0,25 | 1,25 | 922,5 | 1,0625 |
| 5 | 23 | M | 80 | 20 | 3 | 0,3333333 | 1 | 738 | 0,85 |
| 6 | 24 | F | 65 | 10 | 5 | 0,1666667 | 0,83333333 | 615 | 0,70833333 |
| Total | | | | | | | | 7564,5 | 8,7125 |

Anexo 6. Total de kcal producidas por semana

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| Total Kcal producidas/semana | | |
|------------------------------|--------------|----------------|
| Nº Dato | Nivel de uso | Kcal /semana |
| 1 | Ligero | 9086 |
| 2 | Medio | 29605 |
| 3 | Avanzado | 7564,5 |
| Total | | 46255,5 |

Anexo 7. Total de kW producidos por semana

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| Total kW producidos/semana | | |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Nº Dato | Nivel de uso | kW/semana |
| 1 | Ligero | 10,56 |
| 2 | Medio | 34,38 |
| 3 | Avanzado | 8,71 |
| Total | | 53,65 |

Anexo 8. Acople generador

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

| | |
|--------------------------------|--|
| Voltage | 12/24 VDC |
| Permanent Magnet | Ceramic magnets (Ferrite) |
| Moisture /Corrosion Resistance | Yes, sealed exterior, ball bearing, coated rotor |
| Shaft Diameter | Main Shaft 8mm, .315 inch |
| Pinion Gear | 11T |
| Body Material | Aluminium Alloy & Steel |
| Rotor Diameter | 10cm (4 inches) |
| Length | 8cm (3.14 inches) |
| Weight | 1.94kg (4.50 lbs) |
| Mount | Yes, Foot Mount |
| Cable Length | approx. 33cm (13inch) |
| Rotation | Bi-directional, recommend clockwise |

Anexo 9. Recibo CODENSA periodo marzo – abril

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Reducir el valor de su factura es posible con el simulador Gestiono Mi Energía

Ingrese ya a <http://gestionomienergia.micodensa.com> y podrá:

- Realizar un diagnóstico completo de la energía que consumen sus instalaciones a través del simulador de energía.
- Consultar consejos prácticos para reducir el consumo de energía según la actividad económica y el tipo de equipos de su empresa.

Ingrese ya a <http://gestionomienergia.micodensa.com> y podrá realizar en línea un diagnóstico completo de la energía que consumen sus instalaciones.



Escanee este código e ingrese directamente a nuestro simulador.

Si desea asesoría en la Gestión de Energía contacte a su **GESTOR DE NEGOCIOS** o llámenos ya al **601 6000** OPCIÓN 1

codensa
Grupo Enel

CODENSA S.A. ESP NIT: 9003073443
Dpto. SA No. 23-05
www.codensa.com.co

Cliente
ESC DE MEDICINA
TV 9 BIS NO 133 - 25
BOGOTÁ, D.C. - BELLA SUIZA

Número de cuenta
0678293-7
Ingrese este número para pagos y consultas.

Reparto especial

Información técnica

Ruta: 3000 6 17 602 0032 MS00040423 Código de Referencia: KC
Tipo de Servicio: Comercial/strato: 0 Anomalia: Normal
Medidor No.: 115137 Medidor No.: 115137 Lectura: Real
Circuito: US22 Transformador: 71790TR1 Grupo: 1
Propiedad: Personal Activo: Conexión Carga (kW): 18 Red: Subterránea Nivel de Referencia: Nivel II
Gr: 183480 32.0193 113.1102V: 44.8891F: 34.1962 R: 34.9676 448.0028: 0.0000

Resumen ejecutivo

Factura de Servicios Públicos No. 507372724-9
Periodo facturado 20 MAR/2018 A 19 ABR/2018
Tarifa mes de facturación MAR/2018
Fecha expedición 06/Mayo/2018
Próxima lectura del medidor 21 MAY/2018

Total a pagar
\$0

Pago oportuno 02 MAY/2018
Suspensión por no pago 07 MAY/2018

0678293-7

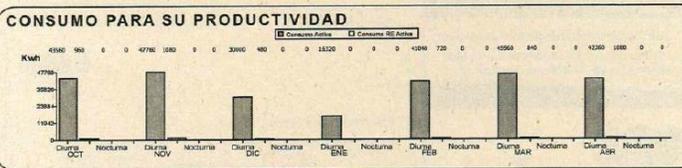
Promedio actual de los últimos 6 meses 34828
Promedio reactivo de los últimos 6 meses 6

CONCEPTOS FACTURADOS

| Concepto | Lectura actual | Lectura anterior | Diferencia | Factor | Energía Consumida | Energía Facturada | Precio Unitario | VALOR |
|--|----------------|------------------|------------|--------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| CONSUMO ACTIVA BENCILLA | 32216 | 31862 | 353 | 120 | 42380 | 42369 | 448.0228 | \$18,978,246 |
| CONSUMO REACTIVA BENCILLA | 2699 | 2690 | 9 | 120 | 1080 | 0 | 115.1122 | \$0 |
| CONSUMO DE ENERGÍA 448.0228 (Valor kWh)x42369 (Consumo en kWh) | | | | | | | | \$18,978,246 |
| SUBTOTAL VALOR CONSUMO | | | | | | | | \$18,978,246 |
| ABONO DEVOLUCIÓN SALDO A FAVOR | | | | | | | | \$-204 |
| CARGO CREDITO CLIENTE HUIO | | | | | | | | \$-18,978,042 |
| SUBTOTAL VALOR OTROS | | | | | | | | \$-18,978,042 |
| TOTAL A PAGAR | | | | | | | | \$0 |

1 De no realizar el pago oportuno del servicio de energía, a partir de esta fecha se procederá a la suspensión del servicio eléctrico.
2 Después de la fecha de PAGO OPORTUNO, se cobrarán intereses de mora hasta la fecha en que realiza el pago del servicio de energía.

CONSUMO PARA SU PRODUCTIVIDAD

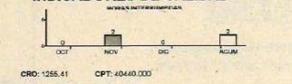


INFORMACIÓN DE INTERÉS

Estimado Cliente:
La tarifa final es de \$448.0228 kWh.

"En cumplimiento de la Resolución CREG 155111 consultar www.codensa.com.co/resolucion155111"
Sobre el contenido de la presente factura al Cliente cuenta con los mecanismos de defensa previstos en la Ley 142 de 1994, y podrá hacer uso de los antes de la fecha señalada para pago oportuno. Para mayor información comuníquese al 7116 115

INDICADORES DE CALIDAD



CRO: 1255.41 CPT: 40440.000
TRIMESTRE: OCT - DIC
CRO: Caso de reactancia CPT: Consumo promedio de trimestre

Pago oportuno 02 MAY/2018
Activo de suspensión 07 MAY/2018
Total a pagar \$0

0678293-7
Número de cuenta 78293-7
Número de Servicio Públicos No. 5072724-9

Anexo 10. Kg de CO₂ evitados

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve

Escoja el tipo de combustible

- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos
- Electricidad
- Combustible propio

consumo en unidades originales según se indica(ej. Toneladas) para calcular las emisiones correspondientes

Consumo de combustible :

Digite su consumo en kWh sin separación de miles

Total de emisiones CO2 calculadas (No equivalentes):

| | |
|-------------------------|---------------|
| Total de emisiones | |
| Total de emisiones CO2: | 384.269 KgCO2 |

Emisiones por electricidad

| | |
|----------------------------|-----------|
| Emisiones por electricidad | KgCO2/kWh |
|----------------------------|-----------|

upme

Anexo 11. Consumo eléctricas

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



The screenshot displays a product page for an elliptical bike. At the top left, there is a small image of the bike and the text "Bicicleta Elíptica BH SK9100" with a sub-note "Entrega 2-5 días". To the right, the price is listed as "9.855,00 €" next to a shopping cart icon. Below this, a smaller price of "7.420,00 €" is shown. The main content area is divided into two columns. The left column, titled "Especificaciones", lists technical details: Longitud: 225cm., Anchura: 55cm., Altura: 161cm., Potencia: 600 watts., Relación de transmisión: 1 /12., Consumo eléctrico: 100watts., Altura máxima del usuario: 2,30m., Peso máximo de usuario: 190Kg., and Peso de la máquina: 85Kg. The right column features two product recommendations, each with a small image, a title, and a price: "Bicicleta Elíptica BH Khronos Gener..." for 1.599,00 € and "Bicicleta Elíptica BH i.Quantum" for 599,00 € (with a crossed-out price of 949,00 €). Below these is a "GUÍA DE COMPRA" section for "Bicicletas elípticas". At the bottom of the page, there is a blue footer containing a privacy policy notice and a "VOLVER" button.

Bicicleta Elíptica BH SK9100
Entrega 2-5 días

9.855,00 €

7.420,00 €

Especificaciones

- Longitud: 225cm.
- Anchura: 55cm.
- Altura: 161cm.
- Potencia: 600 watts.
- Relación de transmisión: 1 /12.
- Consumo eléctrico: 100watts.
- Altura máxima del usuario: 2,30m.
- Peso máximo de usuario: 190Kg.
- Peso de la máquina: 85Kg.

Bicicleta Elíptica BH Khronos Gener...
1.599,00 €

Bicicleta Elíptica BH i.Quantum
~~949,00 €~~ 599,00 €

GUÍA DE COMPRA
Bicicletas elípticas

Este sitio web está adaptado al reglamento general de protección de datos 2016/679. Puedes ver el uso que hacemos de tus datos leyendo nuestras [condiciones de venta](#), [política de privacidad](#) y [política de cookies](#). También te informamos que utilizamos cookies propias y de terceros para adaptarnos a tus preferencias y realizar labores analíticas que mejoran tu experiencia de compra. Puedes activar/desactivar las cookies siguiendo [estas instrucciones](#). Si continúas navegando, consideramos que aceptas estas condiciones y políticas.

VOLVER

Anexo 12. Consumo caminadoras

funcionar una cinta de correr, **antes de comprarla**.

El cálculo se presenta con los datos de cada año de la vida útil de la cinta, (máximo 10 años).

En el primer cuadro se muestran los Kw. consumidos en un año; en el segundo cuadro se calcula el coste en Euros, a partir de los datos de la factura de la luz en enero de 2011 y con una estimación de subidas futuras del recibo de la luz de un 5% anual.

NOTA:

(Entre enero 2010 y enero 2011 la subida ha sido del 20%).

Fórmula de cálculo:

Potencia motor x horas de uso x días de apertura x precio Kw/h.

Funcionamiento diario: 10 horas/día.

Días de apertura del gimnasio al año: 300 días.

Precio Kw/h. 0,13787 €/Kw/h. Tarifa intermedia. **Enero 2011.**

| Potencia del motor. | Consumo anual en Kw |
|---------------------------|---------------------|
| 1,46 CV (PRIWEL/EMOTION). | 3.300 |

your WordPress site

WordAds

Entradas recientes

- ¿Deporte público en crisis?
- La tienda on-line de PRIWEL
- Ahorrando en la factura de la luz (1)
- ¡Cuanto gasta su cinta de correr!
- El marketing olfativo
- Las ventajas de las cintas de lamas
- ¿Qué hacemos aquí?

Categorías

- ambientadores
- aromaterapia
- cintas de correr

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar

Anexo 13. Bicicletas centro de acondicionamiento físico CAF

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



Anexo 14. Bicicleta modelo CAF

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

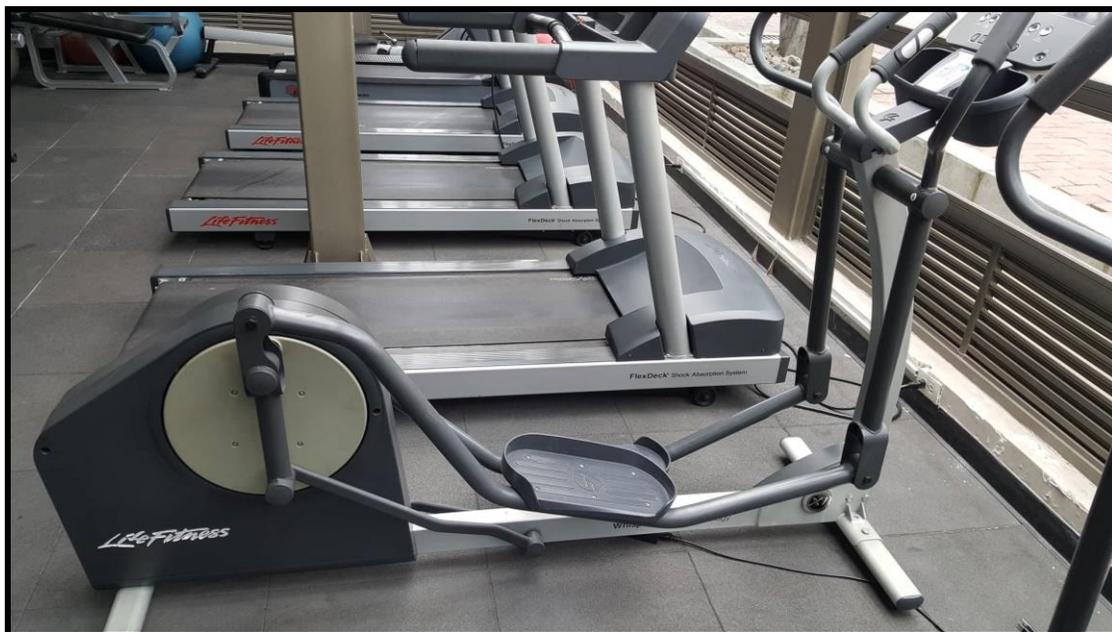
Daniel E. Buitrago Monsalve



Anexo 15. Elípticas CAF

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



Anexo 16. Caminadoras CAF

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



Anexo 17. Centro de Acondicionamiento Físico (CAF) Universidad El Bosque – Campus Usaquén

Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel E. Buitrago Monsalve



Propuesta de modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén para su autoabastecimiento.

Daniel Eduardo Buitrago Monsalve