



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS  
PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE  
EL USO DE UN PROTOTIPO.**

**Autores:**

Luis Eduardo Jara Parra

Carlos Alfonso Shulca Mallitasig

**Tutor:**

Ing. MsC. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

Latacunga - Ecuador

JULIO 2019

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo JARA PARRA LUIS EDUARDO con cedula de identidad N° 050249638-3 y SHULCA MALLITASIG CARLOS ALFONSO con cedula de identidad N° 050324856-9 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE EL USO DE UN PROTOTIPO.”**, siendo el Ing. MsC. Xavier Alfonso Proaño Maldonado director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



**Jara Parra Luis Eduardo**

C. I. 050249638-3



**Shulca Mallitasig Carlos Alfonso**

C. I. 050324856-9

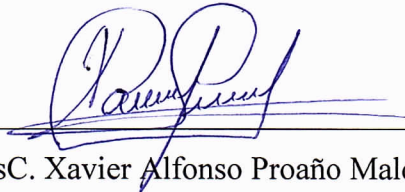
## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE EL USO DE UN PROTOTIPO”, de JARA PARRA LUIS EDUARDO y SHULCA MALLITASIG CARLOS ALFONSO, de la carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.**

Latacunga, Julio del 2019.

El Tutor



Ing. MsC. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

C.C.:050265642 – 4

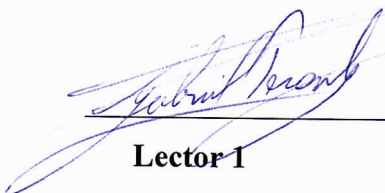
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) por cuanto, los postulantes: **JARA PARRA LUIS EDUARDO** y **SHULCA MALLITASIG CARLOS ALFONSO** con el título de Proyecto de Investigación: “**ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE EL USO DE UN PROTOTIPO.**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio del 2019.

Para constancia firman:



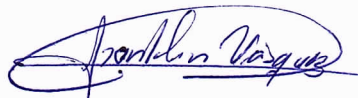
---

**Lector 1**  
**Ing. MsC. Gabriel Pesantez**  
**C.C.: 030189388-9**



---

**Lector 2**  
**Ing. MsC. Wilian Guamán**  
**C.C.:060357895-6**



---

**Lector 3**  
**Ing. MsC. Franklin Vásquez**  
**C.C.: 171043449-7**

## **AGRADECIMIENTO**

*Nuestro más sincero y grande agradecimiento al Ing. Xavier Proaño por habernos guiado, compartiendo conocimientos y por ayudarnos en la realización de nuestro tema de tesis.*

*De manera especial al Ing. Gabriel Pesantez por compartir sus vivencias y experiencias.*

*Al Ing. Wilian Guamán por la confianza depositada y por apoyarnos incondicionalmente en el desarrollo de este proyecto.*

*Al Ing. Franklin Vásquez nuestros sinceros agradecimientos por su infinita ayuda en el desarrollo de este proyecto.*

*Nuestro sincero reconocimiento y gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas de la Institución, para podernos formar como profesionales, impartiendo conocimientos de vital importancia para nuestro desempeño en el campo profesional.*

**LUIS Y CARLOS**

## **DICATORIA**

*A mis padres Enrique Jara y Nelly Parra, quienes enseñaron que mediante el trabajo duro y la perseverancia se logra cumplir metas, también sus valiosos consejos que han inculcado en mí un espíritu de lucha constante.*

*A mis familiares, que con el incondicional apoyo y sus ejemplos han complementado el entusiasmo de conseguir mis metas. Por último, todos aquellos que confiaron en mí, para el desarrollo del presente proyecto.*

**LUIS**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo con el cual he alcanzado el sueño más anhelado y en el cual he plasmado todo el esfuerzo y sacrificio diario de todos los años de estudio le dedico a DIOS.*

*A mis padres Alfonso Shulca y María Mallitasig.*

*A mi hermana Vilma Shulca por ser el pilar fundamental en el transcurso de toda mi carrera universitaria y por el apoyo incondicional en las buenas y en las malas ya que gracias al esfuerzo de ellos he llegado a la meta más grande en mi vida.*

*A Alexandra por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida universitaria.*

**CARLOS**

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....   | ii   |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....                                  | iii  |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....  | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....   | v    |
| DICATORIA .....  | vi   |
| DEDICATORIA .....  | vii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....   | xi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | xiii |
| ÍNDICE DE ECUACIONES .....   | xiv  |
| RESUMEN .....  | xv   |
| ABSTRACT .....   | xvi  |
| AVAL DE TRADUCCIÓN .....   | xvii |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL .....   | 1    |
| 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....   | 3    |
| 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....   | 3    |
| 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....  | 4    |
| 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....  | 4    |
| 6. OBJETIVOS:.....   | 5    |
| 6.1. GENERAL.....  | 5    |
| 6.2. ESPECÍFICOS.....  | 5    |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS<br>PLANTEADOS ..... | 6    |
| 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA .....   | 6    |
| 8.1. Introducción .....  | 6    |
| 8.2. Gimnasios ecológicos. ....  | 7    |
| 8.3. Uso de bicicletas estáticas en gimnasios.....                                 | 8    |
| 8.4. Bicicleta estática.....   | 9    |
| 8.4.1. Especificaciones de una bicicleta estática.....                             | 9    |
| 8.5. Ritmos de pedaleo existentes.....   | 10   |
| 8.6. Resistencias en el pedaleo.....   | 10   |
| 8.7. Alternador .....  | 11   |



|   |    |
|---|----|
| 8.8. Controlador de carga.....  | 11 |
| 8.9. Batería.....   | 12 |
| 8.10. Tipos de baterías.....  | 12 |
| 8.11. Batería de ciclo profundo.....  | 13 |
| 8.12. Ciclado de la batería.....  | 14 |
| 8.13. Vida y ciclaje.....   | 14 |
| 8.14. Conexión en paralelo de los acumuladores.....   | 16 |
| 8.15. Inversores.....   | 16 |
| 8.16. Curvas de carga.....  | 17 |
| 8.17. Capacidad instalada.....  | 17 |
| 8.18. Carga instalada.....  | 18 |
| 8.19. Demanda ( $D_t$ ).....  | 18 |
| 8.20. Demanda promedio ( $D_p$ ).....   | 18 |
| 8.21. Demanda Máxima ( $D_{max}$ ).....   | 19 |
| 8.22. Factor de demanda ( $F_d$ ).....  | 19 |
| 8.23. Factor de carga ( $F_c$ ).....  | 19 |
| 8.24. Factor de utilización ( $F_u$ ).....  | 20 |
| 8.25. Factor de diversidad o de grupo ( $F_{div}$ ).....  | 20 |
| 8.26. Factor de coincidencia o de simultaneidad ( $f_{co}$ ).....   | 21 |
| 8.27. Factor de planta ( $F_{pl}$ ).....  | 21 |
| 8.28. Generalidades de la transformación de energía mecánica a energía eléctrica a partir de la bicicleta estática..... | 22 |
| 8.29. Velocidad angular.....  | 23 |
| 8.30. Velocidad lineal.....   | 24 |
| 8.31. Potencia mecánica.....  | 24 |
| 8.32. Elementos de protección del circuito.....   | 24 |
| 8.33. El cableado.....  | 24 |
| 9. HIPÓTESIS:.....  | 25 |
| 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑOS EXPERIMENTAL.....  | 25 |
| 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....   | 26 |
| 11.1. Descripción del proyecto.....   | 26 |
| 11.2. Ubicación del gimnasio.....   | 26 |
| 11.3. Determinación del tiempo de uso diario de las bicicletas estáticas.....   | 27 |

|   |    |
|---|----|
| 11.4. Determinación del promedio de uso diario de las bicicletas estáticas. ....                              | 28 |
| 11.5. Determinación del horario de uso de bicicleta estática de prueba. ....                                  | 30 |
| 11.6. Determinación del tiempo de uso diario del grupo de 8 bicicletas. ....                                  | 31 |
| 11.7. Descripción del uso de las bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM. ....                    | 33 |
| 11.8. Descripción del establecimiento.....  | 34 |
| 11.9. Determinación de la demanda y energía mediante la instalación de un analizador de carga Fluke 365. .... | 34 |
| 11.10. Determinación de la carga instalada.....   | 37 |
| 11.11. Determinación de la Demanda total del gimnasio.....  | 38 |
| 11.12. Determinación del consumo de energía total del gimnasio.....   | 39 |
| 11.13. Curva de demanda sin analizador de carga.....  | 39 |
| 11.14. Análisis de la carga a ser suministrada.....   | 41 |
| 11.14.1. Demanda del sistema de iluminación. ....   | 41 |
| 11.14.2. Energía consumida por el sistema de iluminación.....   | 41 |
| 11.15. Dimensionado Del Sistema De Acumulación.....   | 42 |
| 11.15.1. Determinación de la capacidad del sistema de acumulación.....  | 42 |
| 11.15.2. Determinación del número de baterías. ....   | 43 |
| 11.15.3. Conexión en paralelo de los acumuladores.....  | 43 |
| 11.16. Análisis del tiempo de carga del sistema de acumulación.....   | 43 |
| 11.16.1. Dimensionamiento del generador eléctrico por propulsión humana.....                                  | 43 |
| 11.16.2. Características del alternador.....  | 45 |
| 11.16.3. Energía generada por una persona.....  | 45 |
| 11.16.4. Energía generada por todas las personas que usaron la bicicleta de prueba.....                       | 46 |
| 11.16.5. Tiempo requerido para cargar las batería.....  | 47 |
| 11.17. Pruebas realizadas al prototipo.....   | 48 |
| Características del alternador.....   | 48 |
| 11.18. Análisis del sistema de generación.....  | 53 |
| 11.18.1. Descripción del sistema de generación por propulsión.....  | 53 |
| 11.18.2. Dimensionado del regulador de carga.....   | 54 |
| 11.18.3. Dimensionado del inversor.....   | 54 |
| 11.18.4. Dimensionamiento de los conductores.....   | 54 |
| 11.18.5. Determinación De Las Protecciones.....   | 55 |
| 11.18.6. Esquema de conexión del sistema.....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| 11.18.7. Curvas del sistema de iluminación.....                             | 57 |
| 11.18.7.1. Curva de carga.....  | 57 |
| 11.18.7.2. Corriente que suministra la batería a la carga.....              | 57 |
| 11.18.7.3. Corriente generada por el alternador.....                        | 58 |
| 11.18.7.4. Ciclo de acumulación y descarga de las baterías con BY PASS..... | 58 |
| 11.19. Nivel de iluminación del gimnasio.....                               | 60 |
| 11.20. Escenarios probables de implementación.....                          | 61 |
| 11.20.1. Segundo escenario.....   | 61 |
| 11.20.2. Tercer escenario.....  | 63 |
| 12. IMPACTOS (TECNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS).....            | 65 |
| 12.1. Impacto económico.....  | 66 |
| 13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....                       | 66 |
| 13.1. Detalle de inversión del proyecto.....                                | 66 |
| 13.2. Análisis de la inversión y recuperación.....                          | 67 |
| 13.3. Comparación con los escenarios planteados.....                        | 69 |
| 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                     | 70 |
| 14.1. Conclusiones.....   | 70 |
| 14.2. Recomendaciones.....  | 70 |
| 15. BIBLIOGRAFÍA.....   | 71 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....                                       | 6  |
| Tabla 2 Ritmos de pedaleos.....   | 10 |
| Tabla 3 Resistencias en el pedaleo.....   | 11 |
| Tabla 4 Tipos de baterías.....  | 12 |
| Tabla 5 Técnicas e instrumento a emplear en el proyecto.....  | 25 |
| Tabla 6 Tiempo de uso de bicicleta estática en el gimnasio power house gym.....                             | 27 |
| Tabla 7 Promedios diarios de uso de las bicicletas estáticas en el gimnasio power house gym.<br>.....       | 28 |
| Tabla 8 Promedio diario típico de uso del grupo bicicletas estáticas en el gimnasio power<br>house gym..... | 29 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 9 Frecuencia de uso de las bicicletas estáticas.....  | 29 |
| Tabla 10 Porcentaje de personas que utilizaron la bicicleta estática de prueba. ....  | 29 |
| Tabla 11 Personas que coincidieron en una hora determinada de uso de bicicleta. ....  | 30 |
| Tabla 12 Simultaneidad de personas realizando ejercicio en bicicletas estáticas. ....   | 32 |
| Tabla 13 Minutos ejercitado en todo el grupo de bicicletas estáticas.....   | 32 |
| Tabla 14 Frecuencia de uso del grupo de bicicletas estáticas. ....  | 33 |
| Tabla 15 Distribución del gimnasio en estudio .....   | 34 |
| Tabla 16 Valores de demanda y energía determinados por el analizador de carga y la<br>aplicación de histogramas de frecuencia. .... | 35 |
| Tabla 17 Valores máximos y mínimos de demanda y energía. ....   | 36 |
| Tabla 18 Detalle del levantamiento de carga .....   | 37 |
| Tabla 19 Determinación de la demanda del gimnasio. ....   | 38 |
| Tabla 20 Determinación del consumo de energía del gimnasio. ....  | 39 |
| Tabla 21 Determinación del consumo de energía del gimnasio. ....  | 40 |
| Tabla 22 Carga a suministrar por el generador durante horas pico. ....  | 41 |
| Tabla 23 Energía a cubrir en horas pico.....  | 41 |
| Tabla 24 Resumen de generación del sistema. ....  | 46 |
| Tabla 25 Mediciones tomadas en la semana de pruebas (rpm y velocidades calculadas) .....  | 49 |
| Tabla 26 Potencia, corriente y energía generadas durante las pruebas en 3 horas y 18 minutos.<br>.....                              | 51 |
| Tabla 27 Tiempo que abastece la carga por el generador durante horas pico. ....   | 51 |
| Tabla 28 Valores normalizados permitidos de caída de tensión en ecuador.....  | 55 |
| Tabla 29 Calculo de los conductores para el sistema de generación. ....   | 55 |
| Tabla 30 Ciclo de almacenamiento y descarga de las baterías para el día crítico. ....   | 59 |
| Tabla 31 Niveles de iluminación recomendados. ....  | 60 |
| Tabla 32 Resultados de generación con dos bicicletas estáticas. ....  | 62 |
| Tabla 33 Inversión al escenario 1. ....   | 63 |
| Tabla 34 Resultados de generación con todo el grupo de bicicletas estáticas.....  | 64 |
| Tabla 35 Inversión al escenario 2. ....   | 65 |
| Tabla 36 Presupuesto del sistema. ....  | 67 |
| Tabla 37 Análisis del van y tir.....  | 68 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Bicicleta estática. ....   | 9  |
| Figura 2 Alternador.....  | 11 |
| Figura 3 Controlador de carga.....  | 12 |
| Figura 4 Batería gel descarga profunda. ....  | 14 |
| Figura 5 Curva de carga. ....   | 17 |
| Figura 6 Ubicación del gimnasio power house gym.....  | 26 |
| Figura 7 Grupo de bicicletas estáticas del gimnasio power house gym.....                                | 27 |
| Figura 8 Porcentaje de uso para una bicicleta durante la semana de prueba.....                          | 30 |
| Figura 9 Personas que coincidieron con el uso de la bicicleta estática en una hora determinada<br>..... | 31 |
| Figura 10 Porcentaje de uso del grupo de bicicletas estáticas.....                                      | 33 |
| Figura 11 Plano arquitectónico del gimnasio power house gym.....  | 34 |
| Figura 12 Curva de demanda diaria del gimnasio con analizador de carga fluke 365. ....                  | 36 |
| Figura 13 Energía acumulada diaria. ....  | 37 |
| Figura 14 Curva de demanda diaria del gimnasio sin analizador de carga.....                             | 40 |
| Figura 15 Voltaje generado por el alternador.....   | 50 |
| Figura 16 Corriente generada con el alternador. ....  | 50 |
| Figura 17 Conexión del sistema general.....   | 56 |
| Figura 18 Conexión del sistema. ....  | 56 |
| Figura 19 Curva de demanda diaria del sistema de iluminación. ....                                      | 57 |
| Figura 20 Corriente que suministra la batería a la carga.....   | 57 |
| Figura 21 Corriente generada por el alternador en el día crítico. ....                                  | 58 |
| Figura 22 Ciclo de descarga de la batería 1.....  | 58 |
| Figura 23 Ciclo acumulación de la batería 2. ....   | 59 |
| Figura 24 Simulación del sistema de iluminación en el software dialux evo 8.1.....                      | 61 |
| Figura 25 Energía generada escenario 2. ....  | 62 |
| Figura 26 Energía generada por las 8 bicicletas del gimnasio. ....                                      | 64 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación ( 1) Capacidad nominal de la batería capacidad nominal de la batería..... | 15 |
| Ecuación ( 2) Capacidad de la batería con rendimientos típicos.....                | 15 |
| Ecuación ( 3) Efecto de la temperatura en la capacidad de la batería.....          | 15 |
| Ecuación ( 4) Número de baterías en paralelo.....                                  | 16 |
| Ecuación ( 5) Carga instalada.....   | 18 |
| Ecuación ( 6) Demanda promedio.....  | 18 |
| Ecuación ( 7) Factor de demanda.....   | 19 |
| Ecuación ( 8) Factor de carga.....   | 19 |
| Ecuación ( 9) Factor de utilización.....   | 20 |
| Ecuación ( 10) Factor de diversidad.....   | 20 |
| Ecuación ( 11) Factor de coincidencia.....   | 21 |
| Ecuación ( 12) Factor de planta.....   | 21 |
| Ecuación ( 13) Torque.....   | 22 |
| Ecuación ( 14) Relación entre revoluciones.....                                    | 22 |
| Ecuación ( 15) Energía cinética rotaciona.....                                     | 23 |
| Ecuación ( 16) Eficiencia del sistema.....   | 23 |
| Ecuación ( 17) Velocidad angular.....  | 23 |
| Ecuación ( 18) Velocidad lineal.....   | 24 |
| Ecuación ( 19) Potencia mecánica.....  | 24 |
| Ecuacion (20) <i>TMAR</i> .....  | 68 |

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**TITULO:** “ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE EL USO DE UN PROTOTIPO.”

**Autores:**

Jara Parra Luis Eduardo

Shulca Mallitasig Carlos Alfonso

**RESUMEN**

En el presente proyecto se estableció los tiempos de utilización de las bicicletas estáticas del gimnasio POWER HOUSE GYM, mediante la recolección de datos y su posterior análisis, determinando así el tiempo promedio de utilización de las bicicletas estáticas que es de 4 horas y 12 minutos); siendo el sábado el día el que menos personas utilizan la bicicleta; se usa el promedio de uso de las bicicletas estáticas para el “diseño de un sistema de generación eléctrico por propulsión humana de 0,6 kW.

Se establecen las características técnicas del sistema de generación por propulsión humana, su lugar de instalación y su aplicación, determinando los parámetros a considerar para el diseño: cargas a alimentar, demanda del sistema, consumo de energía determinados mediante levantamiento de carga, censo de carga y con la instalación de un analizador de carga (Fluke 365) propiedad de la empresa eléctrica ELEPCO S.A.

Se realizó los cálculos eléctricos para el dimensionamiento del sistema de generación por propulsión humana; se obtuvo que era necesario instalar dos baterías de 316Ah cada una para poder alimentar la demanda de iluminación del gimnasio, conectadas en un sistema de By Pass, es decir mientras la batería 1 está alimentando a la carga, la batería 2 estaría cargándose.

Por último, se elaboró los esquemas de conexión y el presupuesto de inversión.

**Palabras Claves:** Bicicletas estáticas, Consumo Energético, Sistema de Generación por propulsión humana, Demanda y Cargas Eléctricas.

## **COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**

### **ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY**

**TOPIC:** "ESTIMATE OF THE ELECTRIC POWER POTENTIAL OF A GROUP OF STATIC BIKES BELONGING TO POWER HOUSE GYM, BY USING A PROTOTYPE".

#### **Authors:**

Jara Parra Luis Eduardo

Shulca Mallitasig Carlos Alfonso

### **ABSTRACT**

In the present project the times of utilization of the static bikes of the gym POWER HOUSE GYM were established, by means of the data collection and its later analysis, determining therefore the average period of use of the static bicycles that is of 4 hours and 12 minutes); being Saturday the day that less people use the bicycle; the average use of static bicycles is used for the "design of a 0.6 kW, electric propulsion and electric generation system. The technical characteristics of the generation system by human propulsion, its place of installation and its application are established, determining the parameters to be considered for the design: loads to be fed, system demand, energy consumption determined by lifting of flow, weight census and with the installation of a flow analyzer (Fluke 365) owned by the electricity company ELEPCO SA. The electrical calculations were made for the dimensioning of the generation system by human propulsion; it was obtained that it was necessary to install two batteries of 316Ah each one to be able to feed the demand of lighting of the gym, connected in a system of By Pass, that is to say while the battery 1 is feeding the flow, the second battery would be charging. Finally, connection diagrams and investment budget had been elaborated.

**KEYWORDS:** Static bicycles, Energy Consumption, Human Propulsion Generation System, Demand and Electric Charges.





## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del Resumen del Proyecto de Investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **JARA PARRA LUIS EDUARDO Y SHULCA MALLITASIG CARLOS ALFONSO**, cuyo título versa **“ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE EL USO DE UN PROTOTIPO.”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

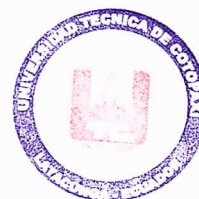
Latacunga, Julio del 2019.

Atentamente.

MsC. Alison Mena Barthelotty

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS.**

C.C.: 050180125- 2



## **ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION FINAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

### **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto.**

“ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHABLE DE UN GRUPO DE BICICLETAS ESTÁTICAS PERTENECIENTES AL GIMNASIO POWER HOUSE GYM, MEDIANTE EL USO DE UN PROTOTIPO.

**Fecha de inicio:**

Abril del 2019.

**Fecha de finalización:**

Julio del 2019.

**Lugar de ejecución:**

Av. Antonio Clavijo y Tilipulo – La Matriz – Latacunga – Cotopaxi – Gimnasio Power House Gym

**Facultad que auspicia**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica

**Proyecto de investigación vinculado:**

Proyecto de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Equipo de Trabajo:**

Msc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

**Coordinadores del proyecto.**

Luis Jara.

Carlos Shulca.

**Área de Conocimiento:**

Energías Renovables

**Línea de investigación:**

Conversión y uso racional de la energía eléctrica

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Generación con fuentes convencionales y no convencionales

**EQUIPO DE TRABAJO**

**Nombre:** Xavier Alfonso Proaño Maldonado.

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Fecha de nacimiento:** 20 de octubre de 1985

**Estado Civil:** Soltero.

**Residencia:** Ciudadela los Molinos

**Entidad Laboral:** Docente de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**E-mail:** xavier.proaño@utc.edu.ec

Móvil: 0992582968

**Títulos Obtenidos**

- Ingeniero Eléctrico de la Universidad Politécnica Nacional.
- Magister en Gestión de Energías de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**COORDINADORES DEL PROYECTO****HOJA DE VIDA POSTULANTE N°1**

**NOMBRES:** Luis Eduardo

**APELLIDOS:** Jara Parra

**TELÉFONO DEL DOMICILIO:** 032385600

**TELÉFONO CELULAR:** 0995955015

**CORREO ELECTRÓNICO:** luis.jara3@utc.edu.ec

**HOJA DE VIDA POSTULANTE N°2**

**NOMBRES:** Carlos Alfonso  
**APELLIDOS:** Shulca Mallitasig  
**TELÉFONO DEL DOMICILIO:** 0983538806  
**TELÉFONO CELULAR:** 0983538806  
**CORREO ELECTRÓNICO:** carlos.shulca9@utc.edu.ec

**2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto trata establecer el potencial eléctrico aprovechable de un grupo de 8 bicicletas estáticas que se encuentran en el Gimnasio POWER HOUSE GYM de la ciudad de Latacunga. Se desarrollará y evaluará el sistema de generación eléctrica que aproveche el tiempo de uso de las bicicletas estáticas durante un día típico, a través de pruebas realizadas en un prototipo acoplado en una de las bicicletas estáticas que ayude con la generación y el almacenamiento de la Energía Eléctrica, la cual se utilizará para el sistema de iluminación en las horas pico.

Se establece los tiempos de utilización de las bicicletas estáticas mediante la recolección de datos y su posterior análisis, estableciendo así el tiempo de utilización del grupo de bicicletas estáticas de 4 horas y 12 minutos, siendo el lunes el día que más personas utilizan las bicicletas estáticas.

Finalmente, con esta propuesta se obtiene un sistema de generación por propulsión humana basado en el promedio de uso de las bicicletas estáticas, además el sistema de acumulación tendrá una autonomía de 1 días y alimentará una demanda de 0,6 kW.

Con los resultados obtenidos se llegará a determinar si el presente proyecto es factible en el ahorro del consumo eléctrico, de tal manera que se pueda comparar las facturas de los consumos mensuales del usuario, con la generación que se obtendrá del proyecto y poder obtener un dato exacto de cuanto es el ahorro de facturación de la energía eléctrica

**3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En la actualidad existe falta de información, conocimiento y la alta inversión que implican las distintas formas de producción de energía, nos ha convertido en personas dependientes de las Instituciones que producen y comercializan la energía eléctrica.

La construcción e implementación del sistema generador de energía autosustentable para la carga de dispositivos eléctricos e iluminación de locales denominados gimnasios, utilizando un grupo de bicicletas estáticas constituye una fuente alternativa viable de producirla, favoreciendo en la economía, este proyecto no solo está orientado hacia la alternativa de obtener energía eléctrica limpia, sino que también impulsa a las personas que quieran hacer un ejercicio cardiovascular y aprovechar dicha energía almacenándola para su posterior utilización.

Con el presente proyecto se desea comprobar que la implementación de este sistema de energía ayudaría a disminuir la contaminación del medio ambiente causados por la emisión de gases de los sistemas convencionales que utilizan productos derivados del petróleo.

También se disminuirá el consumo de energía eléctrica, ya que aprovecharíamos dicha energía almacenada para alimentar a los equipos existentes del local desconectándonos de la red eléctrica.

Además de que al utilizar una bicicleta para generar energía eléctrica las ventajas que se presentan debido al aprovechamiento energético son:

- Bajo costo de generación y de mantenimiento
- No requieren combustibles
- Ayudan a mantener un buen metabolismo del cuerpo humano.
- Ahorro en el pago de la factura eléctrica

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Gimnasio Power House Gym.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

##### **Situación Problémica**

Debido al incremento de la tecnología existe un alto consumo de electricidad que utilizamos cotidianamente, y al alto pago en las facturas de consumo de energía eléctrica, se ha venido desarrollando varias alternativas para este ahorro energético una de ellas es la generación eléctrica propia que se puede obtener al acoplar un alternador a una bicicleta estáticas, la energía generada por el alternador se almacena en un grupo de baterías para su posterior

utilización. Este tipo de energía es generada gracias a la propulsión del ser humano al hacer ejercicio cardiovascular en bicicletas estáticas.

La electricidad se ha convertido en un elemento indispensable en la vida del ser humano, debido al incremento de la tecnología el ser humano vive con un sin número de comodidades. Se propone una idea de presentar una alternativa de solución al problema, el sistema generador de energía autosustentable para el aprovechamiento en equipos eléctricos e iluminación de baja potencia, indispensables en nuestra vida diaria como para este caso en locales denominados gimnasios utilizando una bicicleta estática; con esto comprobaremos el ahorro en el pago de las facturas eléctricas.

Formulación del problema

**¿Cómo aprovechar la energía mecánica de una bicicleta estática para producir electricidad y almacenarla?**

## **6. OBJETIVOS:**

### **6.1. GENERAL**

- Estimar el potencial de energía eléctrica en el gimnasio POWER HOUSE GYM, mediante el uso de un prototipo, para el dimensionamiento de un sistema de generación eléctrica que cubra la demanda de iluminación y cargas bajas en horas pico.

### **6.2. ESPECÍFICOS**

- Realizar un censo de personas que realizan ejercicio físico en las bicicletas estáticas dentro del establecimiento, para conocer el tiempo aprovechable de la energía humana.
- Determinar la potencia y el consumo de energía eléctrica en el Gimnasio “Power House Gym”, mediante un inventario de carga y de consumo.
- Realizar pruebas y mediciones con un prototipo acoplado a una bicicleta estática, para determinar si es factible y cumple con la generación necesaria para cubrir la demanda de iluminación del Gimnasio “Power House Gym”.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1** Sistema de Tareas en relación a los Objetivos Planteados

| OBJETIVO  | ACTIVIDADES (TAREAS)   | RESULTADO DE LA ACTIVIDAD   | DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD (TECNICAS E INSTRUMENTOS)   |
|---|--|---|---|
| Realizar un censo de personas que realizan ejercicio físico en las bicicletas estáticas dentro del establecimiento, para conocer el tiempo aprovechable de la energía humana.   | Registrar el tiempo de uso y el número de personas que realiza ejercicio en las bicicletas estáticas.<br>Tabular los datos obtenidos                                       | Resultados de:<br>El tiempo promedio de uso de la bicicleta estática (minutos).<br>El número de personas que realizan ejercicio cardiovascular                  | Registrando los tiempos de uso por persona al momento que realice el ejercicio cardiovascular en el grupo de bicicletas estáticas del GYM.  |
| Determinar la potencia y el consumo de energía eléctrica en el Gimnasio "Power House Gym", mediante un inventario de carga y de consumo.  | Levantamiento de carga e inventario de consumo de los artefactos eléctricos.<br>Conexión de analizador de carga.   | Resultados de:<br>Demanda del sistema. (kW)<br>Consumo de energía (kWh)<br>Tensiones (V).<br>Intensidades(A)  | Mediante la técnica de campo se determinó las características eléctricas de la carga. Mientras que la técnica de observación ayudo a identificar el hábito de uso de los artefactos eléctricos. |
| Realizar pruebas y mediciones con un prototipo acoplado a una bicicleta estática, para determinar si es factible y cumple con la generación necesaria para cubrir la demanda de iluminación del Gimnasio "Power House Gym". | Realizar las pruebas en el prototipo tomando mediciones para posteriormente observar cuanta energía puede ser aprovechada y cubrir la demanda de iluminación del gimnasio. | Determinación:<br>Cantidad de baterías.<br>Número de alternadores.<br>Conexiones.<br>Potencia del inversor y regulador.<br>Protecciones.<br>Planos del sistema. | Análisis del sistema de generación por propulsión humana mediante la aplicación de ecuaciones y criterios técnicos y económicos.  |

Realizada por: Los Autores.

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

### 8.1. Introducción

La energía puede definirse como todo aquello que es capaz de realizar trabajo o provocar movimiento. Toda la materia tiene energía, siendo ésta, por lo tanto, una propiedad de la

materia que puede tomar muchas formas como calor, luz, electricidad, movimiento, sonido, fuerzas nucleares; todas ellas son manifestaciones de la energía.(Nerea Valencia Alfaro, 2017).

Las energías renovables son aquellas cuyas fuentes residen en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua. Las fuentes renovables de energía perduran por miles de años.

Este tipo de energías son más amigables con el medio ambiente, evitando gases de efecto invernadero por la quema de combustibles fósiles. (Nerea Valencia Alfaro, 2017).

De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, sabemos que la energía no se crea ni se destruye, sino sólo se transforma. Por eso podemos decir que la energía no se pierde.

Aunque la energía no se pierde, sí se degrada en un proceso irreversible. Por ello, la energía no se considera renovable; lo que se renueva es su fuente.(Nerea Valencia Alfaro, 2017).

Entre las energías renovables más aprovechadas se encuentran:

- Energía hidráulica
- Energía solar
- Energía eólica
- Energía mareomotriz

Una de las energías renovables menos aprovechadas hoy en día para transformarla en energía eléctrica es la que genera el ser humano. El hombre puede utilizar los alimentos y la respiración para producir energía y realizar trabajo con ella. Esta energía podría aprovecharse al realizar actividades recreativas y deportivas, como el ciclismo. Con la ayuda de la bicicleta, una parte de la energía que se utiliza para trasladarse de un lugar a otro podría almacenarse como energía eléctrica. (Carretero Chacón Enrique, 2015).

## **8.2. Gimnasios ecológicos.**

El aprovechamiento de energías renovables alternativas ha fomentado la investigación de soluciones que logren satisfacer parte de la demanda energética, y con ello, disminuir el deterioro ambiental. Dentro de las diversas opciones de generación no convencional, existe una alternativa que se basa en el aprovechamiento de la energía entregada por un tripulante (ciclista) a una bicicleta estática, la cual es usualmente perdida en forma de calor. Dicha energía puede ser transformada en energía eléctrica por medio de un generador para ser



almacenada o inyectada a una red eléctrica. (Rodríguez, Osma, Rengifo, Rueda, & Ordóñez, 2017).

El aprovechamiento de la energía entregada a una bicicleta para producir energía eléctrica se remonta a los años 1880s, cuando Richard Webber impulsó un sistema de acople por rozamiento de una dinamo a la rueda delantera de la bicicleta. Posteriormente, en 1895 se comercializó la dinamo de botella desarrollada por Ward y Goldstone de Salford. En 1935 la Compañía Ciclo Raleigh y George William Rawlings solicitaron una patente para una dinamo de buje que llevó a una serie de invenciones llamada Dynohub. (Rodríguez et al., 2017).

Estos sistemas se emplearon para alimentar luces de seguridad y señalización. Infortunadamente, tenían baja eficiencia. No obstante, desde 2000 se han realizado trabajos orientados a mejorar el desempeño de esta estrategia de generación. Dos de estos trabajos consisten en las implementaciones realizadas en los gimnasios California Fitness de Hong Kong y The Green MicroGym de Portland, Oregon (USA). Según Adam Boesel, diseñador de The Green MycroGym, un ser humano puede generar entre 50 W y 150 W, para rutinas de ejercicio no intensas con periodos de 30 minutos. Para The Green MycroGym se diseñó el sistema “Human Dynamo”, en el cual varias bicicletas se conectan mecánicamente a un mismo generador, alcanzando una eficiencia del 70%. La potencia de salida promedio por persona fue 56 W. (Rodríguez et al., 2017).

Por otro lado, el gimnasio California Fitness utilizó 18 máquinas entre bicicletas y elípticas para operación aislada con el fin de alimentar lámparas fluorescentes a partir de una batería (24V y 150 Ah). Se determinó que las máquinas elípticas tienen un mejor desempeño energético debido a que aprovechan todo el peso del tripulante (cuerpo). Además del interés comercial, algunas universidades alrededor del mundo han abordado el estudio de este tipo de sistemas, tal es el caso de California Polytechnic State University (USA), Amrita Vishwa Vidyapeetham, University (India), Universidad Industrial de Santander (Colombia) y Massey University (Nueva Zelanda). (Rodríguez et al., 2017) (Grado, En, En, Industriales, & Arte, 2018) (Carretero Chacón Enrique, 2015).

### **8.3. Uso de bicicletas estáticas en gimnasios.**

El acondicionamiento físico a partir de bicicletas estáticas dentro de los gimnasios permite un mejoramiento en el metabolismo, en el sistema cardio-vascular y respiratorio, una quema significativa de calorías y aumenta la tonicidad y la masa muscular de caderas, glúteos,

piernas, pantorrillas y abdomen; además, de un beneficio emocional (reduce el estrés). Por otra parte diversos gimnasios a nivel mundial han encontrado la manera de aprovechar esta energía para almacenarla y usarla posteriormente. (Drais & Mccal, n.d.).

#### 8.4. Bicicleta estática.

**Figura 1** Bicicleta estática.



**Fuente:** Los Autores.

Es una máquina de ejercicios con un disco que es accionado a través de unos pedales y con un sistema de fricción cuya fuerza puede regularse para simular pendientes. Habitualmente dispone de un medidor de velocidad y uno de kilometraje. Los más sofisticados tienen contador de pulsaciones y hacen cálculos estimativos de las calorías gastadas en el ejercicio además de registrar los datos en una memoria. (ARIAS, 2017).

##### 8.4.1. Especificaciones de una bicicleta estática

**Manubrio:** Es el apoyo de las extremidades del tren superior (brazos). El ancho debe ser entre 40 y 50 cm. –ya que éste es el ancho promedio de la caja torácica en los adultos. (Ingeniería & Automotriz, 2015).

**Ancho del eje centro de biela:** La estructura de la bicicleta estática posee un eje centro al cual van unidas las palancas (bielas), que transmiten el movimiento desde las extremidades inferiores (piernas) hacia la volante por medio de una cadena mecánicametálica. (Ingeniería & Automotriz, 2015).

**Altura caja centro:** Se recomienda que esta altura esté entre 24 y 30 cm. por sobre la horizontal (suelo), por efectos de estabilidad para la bicicleta. (Ingeniería & Automotriz, 2015).

**Tamaño de las bielas:** Se recomienda entre 168 y 175 mm. Este tamaño de biela está diseñado para que las personas de una altura entre los 1,60 y 1,90 m. puedan pedalear

evitando al máximo lesiones e incomodidades en la actividad, sobre todo cuando se realizan trabajos de velocidad. (Ingeniería & Automotriz, 2015).

**Tamaño del sillín:** Los más comunes en el mercado están entre los 24 y los 27,5 cm. de largo. Se recomienda que no sean demasiado anchos porque puede hacer que se abran las piernas inconscientemente al momento de pedalear, impidiendo la correcta técnica (y generando incomodidad), partiendo de aquí las posibles lesiones para las piernas. (Ingeniería & Automotriz, 2015).

### 8.5. Ritmos de pedaleo existentes

Los diferentes tipos de pedaleo y sus velocidades pueden ser clasificadas de innumerables formas, partiendo, claro, de la cantidad de las revoluciones por minuto (R.P.M.).(Fernando, 2016).

**Tabla 2** Ritmos de pedaleos.

| <b>Velocidad</b>      | <b>Revoluciones por minuto</b> |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>Muy Lento</b>      | 30 a 40 [rpm]                  |
| <b>Lento</b>          | 40 a 50 [rpm]                  |
| <b>Medio – bajo</b>   | 50 a 70 [rpm]                  |
| <b>Medio</b>          | 60 a 80 [rpm]                  |
| <b>Medio – Rápido</b> | 80 a 100 rpm                   |
| <b>Rápido</b>         | 100 a 120 rpm                  |
| <b>Muy Rápido</b>     | 120 a 150 rpm                  |

Realizada por: Los Autores.

Se descarta la primera y última velocidad debido a que la primera refiere a cargas muy pesadas y esfuerzos físicos fuertes y la última debido a que la condición física del individuo debería ser muy buena y profesional. (Fernando, 2016).

### 8.6. Resistencias en el pedaleo

Existen 5 diferentes resistencias en el pedaleo siendo la “1” la más liviana y la “5” la más pesada, en donde existe una velocidad “0” que debe ser utilizada solamente para trabajos de alta velocidad. (Fernando, 2016).

**Tabla 3** Resistencias en el pedaleo.

| Carga | Resistencia | Ritmo                                       |
|-------|-------------|---|
| 0     | Sin carga   | Para ritmos de pedaleo de más de 120 rpm    |
| 1     | Mínima      | Para ritmos de pedaleo entre 100 y 120 rpm  |
| 2     | Media baja  | Para ritmos de pedaleo entre 80 y 100 rpm   |
| 3     | Media       | Para ritmos de pedaleo entre 60 y 80        |
| 4     | Media alta  | Para ritmos de pedaleo entre 50 y 70 rpm    |
| 5     | Alta        | Para cadencias de pedaleo entre 40 y 50 rpm |

Fuente: (Fernando, 2016)

Los datos anteriormente mencionados servirán para el estudio de la energía que se puede aprovechar del ser humano, debido a que no todas las personas tenemos el mismo metabolismo. (Fernando, 2016).

### 8.7. Alternador

Un alternador es una máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética. (Carrión & Ortiz, 2013). Los alternadores están fundados en el principio de que en un conductor sometido a un campo magnético variable crea una tensión eléctrica inducida cuya polaridad depende del sentido del campo y el valor del flujo que lo atraviesa. (Carrión & Ortiz, 2013).

**Figura 2** Alternador.

Fuente: Los Autores.

### 8.8. Controlador de carga

Los reguladores son necesarios para controlar el rango admisible de Voltaje en las baterías puesto que éstas solo admiten cierto valor de Voltaje el cual no puede exceder ni estar por

debajo del rango admitido por la batería, en este caso el regulador mantiene una tensión máxima de salida del alternador de 14.5 V. (Universitario, 2012).

**Figura 3** Controlador de carga.



**Fuente:** (Universitario, 2012)

## 8.9. Batería

Las baterías o acumuladores se utilizan principalmente como sistema de almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal que puede existir entre los periodos de generación durante todo el día, dependiendo la utilización y los periodos de consumo durante la noche, permitiendo la operación de las cargas cuando el generador por sí mismo no puede generar la potencia suficiente para abastecer el consumo. (Daniel & Lira, 2015).

## 8.10. Tipos de baterías

Una de la clasificación de las baterías esta las primarias, que no pueden ser recargadas y no se utilizan en sistemas FV, y las secundarias que pueden ser recargadas. (Daniel & Lira, 2015) El tipo de baterías más utilizadas en aplicaciones de generación eléctrica son las de plomo-ácido, debido principalmente a su coste comparado con otros tipos. (Daniel & Lira, 2015).

**Tabla 4** Tipos de baterías.

| Tipo                         | Precio | Ciclado profundo | Mantenimiento |
|------------------------------|--------|------------------|---------------|
| <i>Plomo-ácido</i>           |        |                  |               |
| <b>Plomo-Antimonio</b>       | Bajo   | Bueno            | <b>Alto</b>   |
| <b>Plomo-Calcio abiertas</b> | Bajo   | Pobre            | <b>Medio</b>  |

|                                    |             |              |                |
|------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| <b>Plomo-Calcio selladas</b>       | Bajo        | Pobre        | <b>Bajo</b>    |
| <b>Híbridas (Antimonio/calcio)</b> | Medio       | Bueno        | <b>Medio</b>   |
| <i>Electrolito inmobilizado</i>    |             |              |                |
| <b>Gel</b>                         | Medio       | Muy bueno    | <b>Bajo</b>    |
| <b>AGM</b>                         | Medio       | Muy bueno    | <b>Bajo</b>    |
| <i>Níquel-Cadmio</i>               |             |              |                |
| <b>Placas “sintered”</b>           | Alto        | Bueno        | <b>Ninguno</b> |
| <b>Placas “pocked”</b>             | <b>Alto</b> | <b>Bueno</b> | <b>Medio</b>   |

Fuente: (Daniel & Lira, 2015)

### 8.11. Batería de ciclo profundo

Las baterías de ciclo profundo guardan energía de modo que las fuentes de la corriente eléctrica las recarguen por medio de los alternadores, paneles solares, molinos de viento, etc. La diferencia fundamental entre estas baterías y las de ciclo corto como las de un automotor, depende del uso al que se vean dirigidas. (Daniel & Lira, 2015).

Las baterías son de características eléctricas y químicas. Cambiando el ácido sulfúrico y el plomo en agua y sulfato de plomo, ellas crean electricidad. Cuando la electricidad es forzada nuevamente dentro de las baterías, se invierte la reacción química y la electricidad se guarda químicamente. En pocas palabras y para mejor entendimiento: las baterías facilitan una reacción química reversible que permita la acumulación o la distribución de la energía eléctrica. (Robinson lopez Velásquez, 2015).

Este tipo de baterías pueden soportar grandes descargas durante largos periodos de tiempo, pero se debe tener en cuenta que no se deben descargar al 100%. (Robinson lopez Velásquez, 2015).

Una de las características con respecto a los ciclos; las baterías de ciclo profundo pueden suministrar 1.500-1.800 ciclos al 80% de DOD antes de necesitar reemplazo. El número de ciclos puede aumentar a 3.000-4.000 si la descarga es más moderada, en torno al 25%. La mayoría de los fabricantes recomiendan que una batería ha llegado al final de su vida útil y

necesita ser reemplazada cuando esta ha perdido más del 20% de su capacidad nominal. (Robinson lopez Velásquez, 2015).

**Figura 4** Batería gel descarga profunda.



**Fuente:** (“Universidad técnica de cotopaxi,” 2015)

### 8.12. Ciclado de la batería

El ciclado se refiere al proceso de carga y descarga en una batería. La descarga es el proceso en el que la batería suministra una corriente durante un determinado tiempo (régimen de descarga). En la carga la batería recibe o acepta una determinada corriente durante un tiempo determinado (régimen de carga). Se considera un ciclo como una descarga seguida de una recarga. (Robinson lopez Velásquez, 2015).

La descarga puede ser muy pequeña o muy profunda. Un 100% de profundidad de descarga suministra información acerca de la capacidad de la batería a un determinado régimen de corriente. La profundidad de descarga afecta a la vida útil de la batería, el número de ciclos carga/descarga de una batería desciende con la profundidad de descarga. Normalmente se acepta que una batería ha finalizado su vida útil cuando ha perdido un 20% de su capacidad inicial. Además del número de ciclos, las condiciones de operación también afectan el tiempo de vida de una batería. (Robinson lopez Velásquez, 2015).

### 8.13. Vida y ciclaje

La materia activa, los componentes constructivos, la temperatura ambiente y de operación, la frecuencia y la profundidad de las cargas y descargas (ciclaje), y los métodos de carga influyen considerablemente en la capacidad del acumulador y en la vida del mismo. A continuación, se expondrá algunos de los factores decisivos que se deben tener en cuenta: (Agustin & German, 2012).

Se introduce aquí el concepto de periodo de autonomía en lugar de ciclo porque fijados los días de autonomía (A) y la profundidad de descarga máxima ( $PD_{m\acute{a}x}$ ) se puede calcular la capacidad de la batería ( $C_n$ ) a partir del Consumo medio diario ( $Q_d$ ), mediante la fórmula:(GARCES, 2016).

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{m\acute{a}x}} [Ah] \quad \text{Ecuación ( 1)}$$

Dónde:

$C_n$ : *Capacidad nominal de la batería con rendimientos 100% (Ah)*

$Q_d$ : *Consumo medio diario (Ah/día)*

A: *Periodo de autonomía (días)*

$PD_{m\acute{a}x}$ : *Profundidad de descarga máxima (en tanto por uno).*

Se suele tomar en aplicaciones de viviendas un = 0,7 y en aplicaciones profesionales se es más exigente poniendo un valor de 0,5. (GARCES, 2016)

La ecuación 2 muestra la capacidad de la batería con los rendimientos típicos de los inversores y reguladores. (GARCES, 2016).

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{m\acute{a}x} * \eta_{inv} * \eta_{rb}} = Ah \quad \text{Ecuación ( 2)}$$

Dónde:

$C_n$ : *Capacidad nominal de la batería con rendimientos típicos (Ah)*

$Q_d$ : *Consumo medio diario (Ah/día)*

$\eta_{inv}$ : *Rendimiento del inversor.*

$\eta_{rb}$ : *Rendimiento del regulador.*

$PD_{m\acute{a}x}$ : *Profundidad de descarga máxima (en tanto por uno).*

Por otro lado, el efecto de la temperatura afecta directamente la capacidad del sistema de acumulación misma que se puede calcular mediante la siguiente ecuación: (GARCES, 2016).

$$c'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}} \quad \text{Ecuación ( 3)}$$



Dónde:

$C_n$ : *Capacidad nominal de la batería sin efecto de la temperatura (Ah)*

$c'_n$ : *Capacidad nominal de la batería con variación de la temperatura (Ah)*

$\Delta T$ : *Variación de la temperatura (°C)*

#### 8.14. Conexión en paralelo de los acumuladores.

Aun que se debe evitar al máximo la conexión en paralelo no siempre es posible debido al requerimiento de la carga. Por lo tanto para calcular el número de baterías a conectar en paralelo se calcula con la siguiente ecuación. (GARCES, 2016).

$$N_{bp} = \frac{c'_n}{c_b} \quad \text{Ecuación ( 4)}$$

Dónde:

$N_{bp}$ : *Numero de baterías a conectar en paralelo.*

$c'_n$ : *Capacidad nominal del sistema de acumulación con efecto de la temperatura (Ah)*

$c_b$ : *Capacidad nominal de la batería (Ah)*

#### 8.15. Inversores

Una de las funciones principales de los inversores son: inversión DC/AC, modulación de la onda alterna de salida y regulación del valor eficaz de la tensión de salida. Los inversores que se pueden encontrar normalmente pueden ser monofásicos o trifásicos a 60 Hz, con diferentes voltajes nominales de entrada con un amplio rango de potencias disponibles, de unos pocos vatios hasta varios megavatios. Pueden operar conectados a baterías o directamente al generador y pueden estar conectados a diferentes consumos o inyectar energía en la red eléctrica. Los inversores pueden clasificarse en función de la forma de onda de la tensión de salida: (Agustin & German, 2012).

- De onda cuadrada.
- De onda modificada o quasi-senoidal .
- De onda senoidal (muy parecida a la onda de la red eléctrica).

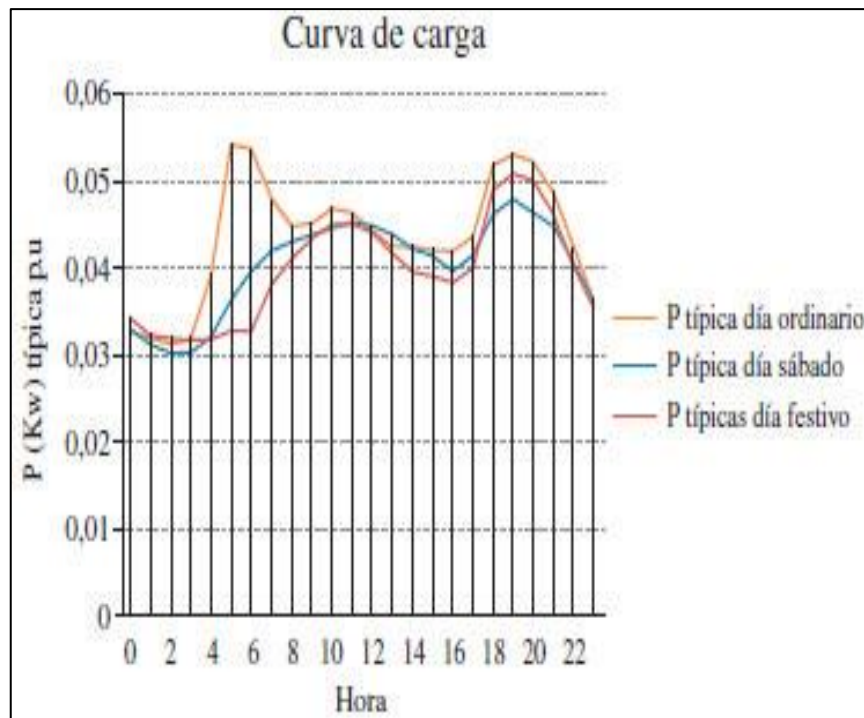
### 8.16. Curvas de carga.

Están formadas por las demandas máximas que se presentan en un intervalo de tiempo dado, por ejemplo, si la curva de carga es diaria, se tomará las demandas máximas presentadas durante el día. (Barberá Santos, n.d.).

El análisis de estas curvas constituye una base para determinar las tendencias de la carga y permite seleccionar los equipos de transformación y protección. También se pueden obtener datos que indican el comportamiento propio de la carga y de ésta en relación con la capacidad instalada. (Barberá Santos, n.d.).

A continuación, se muestran algunas curvas de carga típicas. Cabe mencionar que los valores están expresados como un porcentaje de la demanda máxima (p.u). (Barberá Santos, n.d.).

**Figura 5** Curva de carga.



Fuente: [15]

### 8.17. Capacidad instalada

Es la potencia nominal que un equipo o sistema eléctrico tiene para entregar. En los datos de placa de los diferentes aparatos del sistema se lee la capacidad por ejemplo: (ARIAS, 2017) (ORDOÑEZ, 2015) (“Universidad técnica de cotopaxi,” 2015).

- Generador de 70 MVA.
- Transformador de 75 kVA.

### 8.18. Carga instalada

Es la sumatoria de las potencias nominales de todos los aparatos y equipos que se encuentran conectados a un sistema eléctrico sea que estén en operación ó no, o que potencialmente puedan conectarse al sistema. Se expresa en kVA, kW. Esta carga conectada puede referirse a todo un sistema o parte de él. (ORDOÑEZ, 2015).

$$C_I = \sum \text{Potencia nominal de las cargas} \quad \text{Ecuación ( 5)}$$

Dónde:

- C\_I: Carga instalada.
- $\sum \text{Potencia nominal de las cargas}$  : Sumatoria de todas las potencias (kVA o kW).

### 8.19. Demanda (Dt).

Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza de la red o del sistema en un intervalo de tiempo dado, llamado intervalo de demanda. La duración que se fije en este intervalo dependerá del valor de demanda que se desee conocer, así por ejemplo, si se quiere establecer la demanda en amperios para la sección de un juego de fusibles, deberán ser analizados valores de demanda con un intervalo cero, no siendo el mismo caso si se quiere encontrar la demanda para aplicarla a un transformador o cable, que será de 10 o 15 minutos. (ORDOÑEZ, 2015).

La demanda de un sistema o instalación también puede definirse como la carga medida en los terminales del receptor en un intervalo definido de tiempo. La demanda puede darse tanto en kVA, kvar, kW, A o como porcentajes de la demanda máxima (Por Unidad). (ORDOÑEZ, 2015).

### 8.20. Demanda promedio (Dp)

Es el promedio de la demanda solicitada por el usuario durante un intervalo de tiempo dado. Se hace énfasis en la demanda promedio ya que las cargas instantáneas no son importantes puesto que se presentan durante períodos de tiempo muy cortos. (ORDOÑEZ, 2015).

$$D_p = \frac{\text{Energía consumida en un intervalo de tiempo}}{\text{Intervalo de tiempo}} \quad \text{Ecuación ( 6)}$$

Dónde:

$D_p$ : Demanda promedio.

### 8.21. Demanda Máxima (Dmax).

Es la máxima condición de carga que se presenta en un sistema o instalación durante un tiempo específico. La demanda máxima es expresada en unidades apropiadas dependiendo del tipo de carga, tales como kVA, kW, kvar o A. (ORDOÑEZ, 2015).

La demanda máxima es de gran interés, ya que representa las condiciones más severas de operación impuestas a un sistema desde el punto de vista térmico y de caídas de voltaje. (ORDOÑEZ, 2015).

### 8.22. Factor de demanda (Fd)

Es la relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de él y la carga total instalada o conectada al sistema o parte de él. El Fd siempre es menor o igual a 1, ya que la demanda máxima es menor o a lo sumo igual a la carga conectada del sistema. (ORDOÑEZ, 2015).

$$F_D = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Carga Instalada}} = \frac{D_M}{C_I} \leq 1 \quad \text{Ecuación ( 7)}$$

**Dónde:**

$F_D$  = Factor de demanda

Este factor indica la simultaneidad en el uso de la carga total conectada. Es decir, los aparatos eléctricos de una instalación, normalmente no serán accionados al mismo tiempo a plena carga. (ORDOÑEZ, 2015).

### 8.23. Factor de carga (Fc)

Mide el grado de variación de carga en un período determinado, es decir, indica el comportamiento general de la demanda comparado con su pico máximo. Como la mayoría de las cargas son variables durante un período de tiempo dado y sólo tendrán algunos picos de demanda máximos; esta variación es medida a través del factor de carga, el cual está definido como: (ORDOÑEZ, 2015).

$$F_C = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} \text{ con limites } 0 < F_C \leq 1, F_C = \frac{D_p}{D} \leq \quad \text{Ecuación ( 8)}$$

Dónde:

$F_c =$  Factor de carga.

El factor de carga es mayor que cero y menor que la unidad. Una carga constante en un determinado período de tiempo tiene un factor de carga igual a 1, puesto que la carga promedio y el pico son iguales como el caso del alumbrado público. El indica el grado al cual el pico de la carga es sostenido durante el periodo. Esto quiere decir que si el factor de carga es 1, la se mantiene constante, si el factor de carga es alto (por ejemplo 0.9). (ORDOÑEZ, 2015).

#### 8.24. Factor de utilización (Fu)

Es la relación entre la máxima demanda de un sistema o parte de él y la capacidad nominal del sistema o parte de él. (ORDOÑEZ, 2015).

$$F_U = \frac{\text{Demanda maxima del sistema}}{\text{Carga Instalada}} \quad \text{Ecuación ( 9)}$$

Un registro de factor de utilización indicaría el intervalo de demanda y el período sobre el cual la demanda máxima es aplicada. El factor de utilización indica el grado al cual la capacidad de un sistema está siendo utilizado durante un pico de carga. Se usa en sistemas que proporcionan potencia. (ORDOÑEZ, 2015).

#### 8.25. Factor de diversidad o de grupo (Fdiv).

Se define como la relación entre las sumas de las demandas máximas individuales y la demanda máxima de todo el grupo. Puede referirse a dos o más cargas separadas, o puede incluir todas las cargas de cualquier parte de un sistema eléctrico o el sistema total. (ORDOÑEZ, 2015).

$$F_{div} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Demanda maxima individuales}}{\text{Demanda maxima diversificada del grupo}} \quad \text{Ecuación ( 10)}$$

Dónde:

$F_{div}$ : Factor de diversidad.

El factor de diversidad se utiliza para determinar la demanda máxima que resulte de la combinación de un grupo de cargas individuales o de la combinación de dos o más grupos de éstos. Estas combinaciones puede representar un grupo de usuarios alimentados por un transformador, un grupo de transformadores conectados a un alimentador primario. (ORDOÑEZ, 2015).

### 8.26. Factor de coincidencia o de simultaneidad (fco)

En muchos casos se prefiere emplear el inverso del factor de diversidad, el cual se denomina factor de coincidencia. El factor de coincidencia es la relación entre la demanda máxima diversificada del grupo y la suma de las demandas máximas individuales. (Carrión & Ortiz, 2013).

$$F_{co} = \frac{1}{F_{div}} = \frac{\text{Demanda maxima diversificada del grupo}}{\sum_{i=1}^n \text{Demanda maxima individuales}} \quad \text{Ecuación ( 11)}$$

**Dónde:**

$F_{co}$ : *Factor de coincidencia.*

$F_{div}$ : *Factor de diversidad.*

### 8.27. Factor de planta (Fpl)

Es la relación entre la energía real producida o servida sobre un periodo especificado de tiempo y la energía que pudo haber sido producida o servida si la planta (o unidad) ha operado continuamente a la máxima capacidad nominal. También se conoce como factor de capacidad o factor de uso. Por lo tanto: (ORDOÑEZ, 2015).

$$F_{PL} = \frac{\text{Energia real producida o servida}}{\text{Potencia nominal maxima de la planta} \times t} = \frac{\text{Carga Promedio}}{\text{Capacidad Instalada}} = \frac{D_p}{PI} \quad \text{Ecuación ( 12)}$$

**Dónde:**

$F_{PL}$ : *Factor de planta*

$D_p$ : *Carga instalada*

$PI$ : *Capacidad instalada*

### 8.28. Generalidades de la transformación de energía mecánica a energía eléctrica a partir de la bicicleta estática

El funcionamiento del sistema de generación es inicialmente accionado por la fuerza que le imprimen las piernas del tripulante a los pedales con lo cual se logra transmitir potencia a través de la cadena y rueda de fricción y por medio de acoples se llega hasta el eje del alternador. (ARIAS, 2017).

La fuerza promedio que se puede ejercer en los pedales según la prueba realizada con una báscula convencional es aproximadamente 30 kg por lo tanto la fuerza aplicada es de 294,3 [N] con lo cual se puede estimar la potencia que se genera así: (ORDOÑEZ, 2015).

$$T=F \times L \quad \text{Ecuación ( 13)}$$

T: Es el torque

F: Fuerza aplicada

L: Longitud de la biela. La cual se toma como 17 cm (longitud más utilizada en la construcción de bielas para bicicleta)

Se considera que una persona de constitución física promedio puede pedalear varias horas sin sufrir fatiga y recuperarse rápidamente si se mantiene generando alrededor de 75 W (Whitt y Wilson, 1982). Los autores plantean además que una persona puede realizar un trabajo 3 a 4 veces superior al ponerse de pie para alcanzar potencias de 300 W en periodos muy cortos de tiempo. Al ponerse de pie una persona requiere normalmente más energía, haciendo que se fatigue en menor tiempo, pero también aumenta más la palanca que ejerce el peso corporal sobre los pedales e involucra músculos adicionales, es decir un ejercicio completo para el cuerpo, haciendo así posible una potencia más elevada. (ORDOÑEZ, 2015).

Las revoluciones alcanzadas en los pedales disminuirán o aumentarán según la relación de transmisión instalada, representada así: (ORDOÑEZ, 2015).

$$N_1 \times Z_1 = N_2 \times Z_2 \quad \text{Ecuación ( 14)}$$

Dónde:

$N_1$  = Revoluciones alcanzadas al pedalear

$Z_1$  = Número de dientes del piñón conductor

$N_2$  = Revoluciones alcanzadas en la volante de inercia

$Z_2$  = Número de dientes del piñón conducido

Para el aprovechamiento de la energía cinética rotacional que se genera en una bicicleta estática se adecua un generador eléctrico el cual entregará una potencia eléctrica, que puede ser calculada con la expresión. (ORDOÑEZ, 2015).

$$W_E = V \times I \quad \text{Ecuación ( 15)}$$

**Dónde:**

$V$ : Voltaje

$I$ : Corriente

Toda transmisión de potencia genera pérdidas. Para cuantificarlas se establece la eficiencia del sistema así: (ORDOÑEZ, 2015).

$$\eta = W_E / W_M \quad \text{Ecuación ( 16)}$$

**Dónde:**

$\eta$ : Eficiencia del sistema generador de electricidad

### 8.29. Velocidad angular.

La velocidad angular es el número de radianes que pasan en la unidad de tiempo; los 360° de cada vuelta equivalen a  $2 * \pi$  radianes, es decir que cada radián equivale a 57.29°. El número de vueltas de la rueda se acostumbra medir en revoluciones por minuto (rpm), entonces: (ORDOÑEZ, 2015).

$$\omega = \frac{2 * \pi * 196}{60} [\text{rad/s}] \quad \text{Ecuación ( 17)}$$

**Dónde:**

$v$  = *velocidad lineal*

$\omega$  = *velocidad angular*

$r$  = *radio de la rueda*

$n$  = *revoluciones por minuto en la llanta de la bicicleta estatica*



### 8.30. Velocidad lineal.

La velocidad lineal. Es aquella cuya dirección es siempre tangente a la trayectoria de la partícula que rota. Esta velocidad tiene dirección perpendicular al eje de rotación (es decir, al vector  $\omega$ ) a la aceleración centrípeta y al radio vector. (ORDOÑEZ, 2015).

$$v = \omega * r \quad \text{Ecuación ( 18)}$$

**Dónde:**

$\omega = \text{velocidad angular}$

$r = \text{radio de la rueda}$

### 8.31. Potencia mecánica.

La potencia mecánica se define como la rapidez con que se realiza un trabajo. Se mide en watts (W) y se dice que existe una potencia mecánica de un watt cuando se realiza un trabajo de un joule por segundo:  $1 \text{ W} = \text{J/seg.}$  (ORDOÑEZ, 2015).

$$P_m = T \times \omega \quad \text{Ecuación ( 19)}$$

**Dónde:**

$P_m = \text{Potencia mecanica J/seg}$

$T = \text{Es el torque}$

$\omega = \text{velocidad angular}$

### 8.32. Elementos de protección del circuito.

Los Sistemas eléctricos deben proveer todos los elementos de protección comunes de las instalaciones eléctricas contra sobre voltajes, sobre intensidades, corto circuitos, desconexión automática en caso de variaciones de los parámetros de la red, inducción de corrientes de tierra, etc. Los sistemas de protección se sujetarán a la Norma Ecuatoriana de Construcción.(Lissette, Vásquez, Andrés, & Lozano, n.d.).

### 8.33. El cableado.

Para la determinación de los conductores se aplicará la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 2008 que establece las características de los conductores para instalaciones de

generación fotovoltaicas respetando requerimientos eléctricos de capacidad de conducción de corriente, caída de voltaje y seguridad.(Lisette et al., n.d.)

## 9. HIPÓTESIS:

El diseño de este prototipo permitirá aprovechar la energía mecánica producida de una bicicleta estática para el ahorro energético.

## 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑOS EXPERIMENTAL

En el proyecto se aplica técnicas de investigación por cuanto debemos entender y definir conceptos y demás pormenores que conllevara realizar proyectos de generación mediante el uso de bicicletas estáticas.

La prueba de campo permite establecer el número y el tiempo que las personas usan las bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM el mismo que sirve para el correcto dimensionamiento de todos los equipos empleados en sistemas de generación eléctrico.

La observación permite obtener características del consumo de energía eléctrica del establecimiento y compararlo con la curva de carga que será tomado el analizador de carga; para de esta forma conocer la demanda real a satisfacer.

Además, se aplica la técnica de comparación para la selección de los equipos adecuados para el sistema, de donde se obtiene la mejor propuesta que se ajuste al parámetro técnico - económico.

**Tabla 5** Técnicas e instrumento a emplear en el proyecto

| No. | TÉCNICAS                  | INSTRUMENTOS  |
|-----|---------------------------|---|
| 1   | TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN | Consultas e investigaciones en diferentes medios bibliográficos. (Libros y Tesis)               |
| 2   | DE CAMPO                  | Levantamiento de la información del uso de la bicicleta estática (encuesta y mediciones de RPM) |
| 3   | OBSERVACIÓN               | Hábitos de consumo y establecer curva de carga (analizador fluke 1735)                          |
| 4   | COMPARACIÓN               | Análisis de elementos del sistema de generación eléctrico. (Catálogos de Fabricantes)           |

**Realizado por:** Los autores

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 11.1. Descripción del proyecto

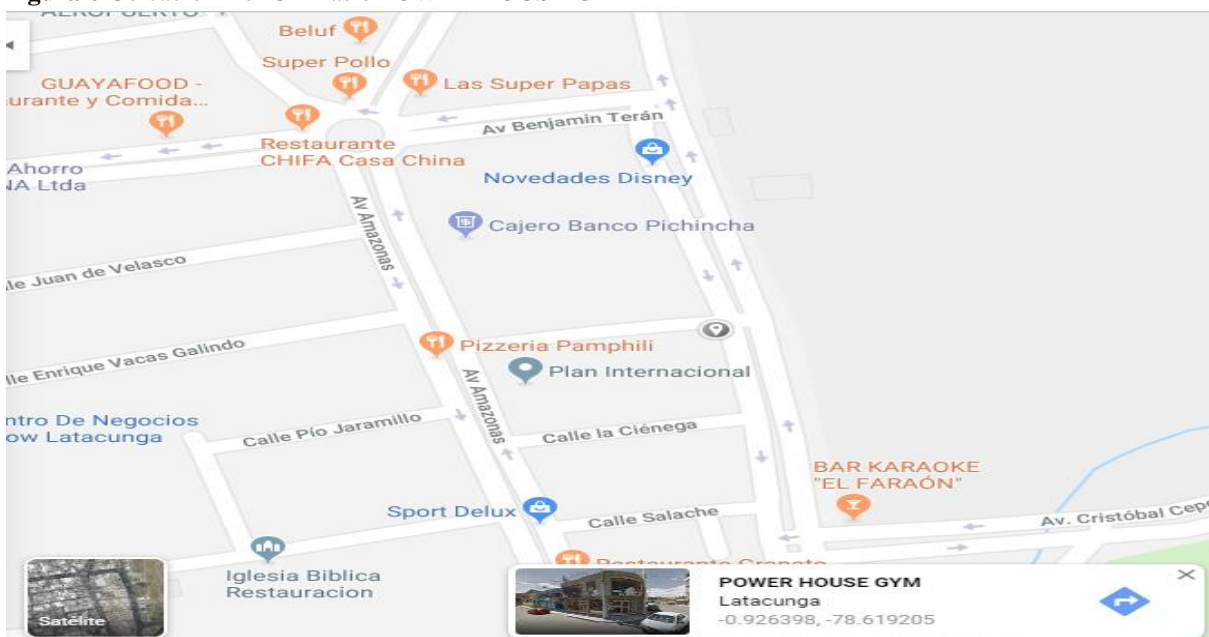
El gimnasio POWER HOUSE GYM perteneciente al señor Marco Aníbal Toscano Ariza cuenta con un destacado número de socios, mismos que realizan diversas actividades físicas dentro del establecimiento, una de ellas es el pedaleo de bicicletas estáticas durante un determinado tiempo, además cabe recalcar que el local cuenta con un grupo de 8 bicicletas estáticas que pueden ser aprovechadas para la generación de energía eléctrica y utilizarlas para alimentar cargas de baja potencia e iluminación durante las horas pico; de tal manera que se pueda obtener un ahorro en la planilla de consumo eléctrico del establecimiento.

Además, la implementación de este tipo de tecnologías contribuye y fomenta el uso de energías renovables que ayudan a cuidar el medio ambiente, y por otro lado impulsa a las personas a realizar un ejercicio cardiovascular y aprovechar dicha energía almacenándola para su posterior utilización.

### 11.2. Ubicación del gimnasio.

El gimnasio POWER HOUSE GYM del señor Marco Aníbal Toscano Ariza está ubicada en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, entre la Avenida Antonio Clavijo y Calle Tilipulo.

**Figura 6** Ubicación Del Gimnasio POWER HOUSE GYM



**Realizado por:** Los Autores.

Las figuras 6 y 7; muestran la ubicación y el grupo de 8 bicicletas estáticas que se pueden aprovechar para la generación de energía eléctrica mediante el pedaleo o propulsión humana, cuando los socios del establecimiento realizan actividad física.

**Figura 7** Grupo de bicicletas estáticas del gimnasio POWER HOUSE GYM.



Realizada por: Los Autores.

### 11.3. Determinación del tiempo de uso diario de las bicicletas estáticas.

Para realizar la estimación del tiempo de uso de las bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM se procedió a registrar los tiempos de uso y la cantidad de personas que utilizaron una determinada bicicleta de prueba; los registros fueron tomados en el transcurso del mes de marzo. Estos datos fueron recogidos todos los días durante el horario de atención del gimnasio que inicia a las 05:00 am hasta las 13:00pm y 14:30 hasta las 21:30 pm, los datos fueron recolectados y almacenados en una base de datos para su posterior tabulación y análisis. La tabulación y el análisis de los valores de los tiempos de pedaleo de las bicicletas estáticas fueron calculados en forma de un promedio diario, para de esta manera conocer el potencial real que se puede aprovechar para la generación de energía eléctrica mediante propulsión humana.

**Tabla 6** Tiempo de uso de bicicleta estática en el gimnasio POWER HOUSE GYM

| TIEMPOS DE USO DE LA BICICLETA ESTÁTICA PROTOTIPO POR PERSONA. |              |            |              |            |              |            |              |            |              |           |              |
|--|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| LUNES  |              | MARTES     |              | MIÉRCOLES  |              | JUEVES     |              | VIERNES    |              | SABADO    |              |
| ITEM   | TIEMPO (MIN) | ITEM       | TIEMPO (MIN) | ITEM       | TIEMPO (MIN) | ITEM       | TIEMPO (MIN) | ITEM       | TIEMPO (MIN) | ITEM      | TIEMPO (MIN) |
| PERSONA 1  | 20           | PERSONA 1  | 20           | PERSONA 1  | 15           | PERSONA 1  | 20           | PERSONA 1  | 20           | PERSONA 1 | 20           |
| PERSONA 2  | 20           | PERSONA 2  | 15           | PERSONA 2  | 20           | PERSONA 2  | 15           | PERSONA 2  | 20           | PERSONA 2 | 20           |
| PERSONA 3  | 15           | PERSONA 3  | 15           | PERSONA 3  | 15           | PERSONA 3  | 15           | PERSONA 3  | 15           | PERSONA 3 | 20           |
| PERSONA 4  | 20           | PERSONA 4  | 20           | PERSONA 4  | 20           | PERSONA 4  | 20           | PERSONA 4  | 15           |           |              |
| PERSONA 5  | 20           | PERSONA 5  | 20           | PERSONA 5  | 15           | PERSONA 5  | 15           | PERSONA 5  | 20           |           |              |
| PERSONA 6  | 20           | PERSONA 6  | 15           | PERSONA 6  | 15           | PERSONA 6  | 20           | PERSONA 6  | 15           |           |              |
| PERSONA 7  | 15           | PERSONA 7  | 20           | PERSONA 7  | 15           | PERSONA 7  | 15           | PERSONA 7  | 20           |           |              |
| PERSONA 8  | 20           | PERSONA 8  | 15           | PERSONA 8  | 20           | PERSONA 8  | 20           | PERSONA 8  | 15           |           |              |
| PERSONA 9  | 15           | PERSONA 9  | 20           | PERSONA 9  | 20           | PERSONA 9  | 15           | PERSONA 9  | 20           |           |              |
| PERSONA 10   | 20           | PERSONA 10 | 20           | PERSONA 10 | 15           | PERSONA 10 | 20           | PERSONA 10 | 20           |           |              |
| PERSONA 11   | 20           | PERSONA 11 | 15           | PERSONA 11 | 15           |            |              | PERSONA 11 | 15           |           |              |

|            |    |            |    |            |    |  |  |            |    |  |  |
|------------|----|------------|----|------------|----|--|--|------------|----|--|--|
| PERSONA 12 | 20 | PERSONA 12 | 15 | PERSONA 12 | 15 |  |  | PERSONA 12 | 20 |  |  |
| PERSONA 13 | 20 |            |    | PERSONA 13 | 20 |  |  | PERSONA 13 | 20 |  |  |
| PERSONA 14 | 15 |            |    | PERSONA 14 | 20 |  |  | PERSONA 14 | 15 |  |  |
| PERSONA 15 | 20 |            |    | PERSONA 15 | 20 |  |  |            |    |  |  |
| PERSONA 16 | 15 |            |    |            |    |  |  |            |    |  |  |
| PERSONA 17 | 15 |            |    |            |    |  |  |            |    |  |  |

**Realizado por:** Los Autores.

Con el registro diario de los valores de tiempo de uso de las bicicletas estáticas dentro del gimnasio se realizó la tabla 6. Que muestra todos los valores en minutos y las personas que ocuparon la bicicleta estática en la tercera semana del mes de marzo que representa la semana más crítica. A continuación, se describe el análisis del promedio de uso diario de las bicicletas estáticas en el lugar de estudio.

#### 11.4. Determinación del promedio de uso diario de las bicicletas estáticas.

Para el análisis y la obtención del promedio de uso diario de las bicicletas estáticas se procede a sumar todos los tiempos de uso de cada persona durante el periodo de registro, es decir, la tercera semana del mes de marzo; y dividirlos entre el total de personas que ocuparon una determinada bicicleta del grupo total instalado en el gimnasio Power House Gym. La tabla 7, muestra el número total de personas y el tiempo ejercitado por cada día de análisis. Además se puede apreciar que el sábado es el día que menos personas ocuparon las bicicletas estáticas tan solo 3 personas, mientras que el miércoles es el día que presenta el menor promedio de minutos por persona ejercitadas con un valor de 17,3min pero con un grupo mayor al sábado, y finalmente se aprecia el día lunes que es el día pico de la semana con un promedio de 18,2 min por persona y un total de 17 personas que usaron la bicicleta estática de prueba.

**Tabla 7** Promedios diarios de uso de las bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM.

| ITEM                                | LUNES                 | MARTES               | MIERCOLES            | JUEVES               | VIERNES              | SABADO |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|
| NUMERO DE PERSONAS                  | 17                    | 12                   | 15                   | 10                   | 14                   | 3      |
| TIEMPO EJERCITADO (MINUTOS)         | 310                   | 210                  | 260                  | 175                  | 250                  | 60     |
| TIEMPO EJERCITADO (HORAS)           | 5 Horas con 10minutos | 3Horas con 30minutos | 4Horas con 20minutos | 2Horas con 55minutos | 4Horas con 10minutos | 1Hora  |
| TIEMPO PROMEDIO X PERSONA (MINUTOS) | 18,2                  | 17,5                 | 17,3                 | 17,5                 | 17,9                 | 20     |

**Realizado por:** Los Autores.

Una vez calculado los promedios diarios en la semana de estudio se procede a establecer el día típico de uso de las bicicletas estáticas que se puede apreciar en la tabla 8 donde se muestra los valores totales en minutos ejercitados en la semana y la cantidad total de personas

que realizaron ejercicio de pedaleo mismos que ayudan a establecer el promedio típico de personas y el tiempo de uso de la bicicletas estáticas, obteniendo así los siguientes valores: 17,8 min y 11,83 personas respectivamente con un tiempo ejercitado diario promedio de 3 horas y 30 minutos; mientras que el tiempo total en la semana es de 21 horas y 05 minutos.

**Tabla 8** Promedio diario típico de uso de bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM.

| ITEM  | SEMANAL    |
|---|------------|
| NUMERO DE PERSONAS                          | 71         |
| TIEMPO EJERCITADO (MINUTOS)                 | 1265       |
| TIEMPO EJERCITADO (HORAS)                   | 21H: 05MIN |
| TIEMPO PROMEDIO X PERSONA (MINUTOS)         | 17,8       |
| NUMERO DE PERSONAS DIARIAS PROMEDIO         | 11,83      |
| TIEMPO EJERCITADO DIARIO PROMEDIO (MINUTOS) | 210,83     |
| TIEMPO EJERCITADO DIARIO PROMEDIO (HORAS)   | 3H: 30MIN  |

Realizado por: Los Autores.

Una vez determinado el tiempo promedio de uso y la cantidad de personas se estable los valores que serán tomados en cuenta para el diseño del sistema de generación por propulsión humana y que llamaremos frecuencia de uso de las bicicletas estáticas.

La tabla 9, muestra los valores de uso de la bicicleta estática en horas y minutos, y la cantidad de personas; de donde se estable el tiempo ejercitado diario promedio típico de la bicicleta estática que es de 3 horas y 18 minutos mismos que ayudaran a la generación eléctrica.

**Tabla 9** Frecuencia de uso de las bicicletas estáticas.

| ITEM  | DIARIO TÍPICO          |
|---|------------------------|
| TIEMPO PROMEDIO X PERSONA (MINUTOS)         | 18                     |
| NUMERO DE PERSONAS DIARIAS PROMEDIO         | 11                     |
| TIEMPO EJERCITADO DIARIO PROMEDIO (MINUTOS) | 198                    |
| TIEMPO EJERCITADO DIARIO PROMEDIO (HORAS)   | 3 Horas con 18 minutos |

Realizado por: Los Autores.

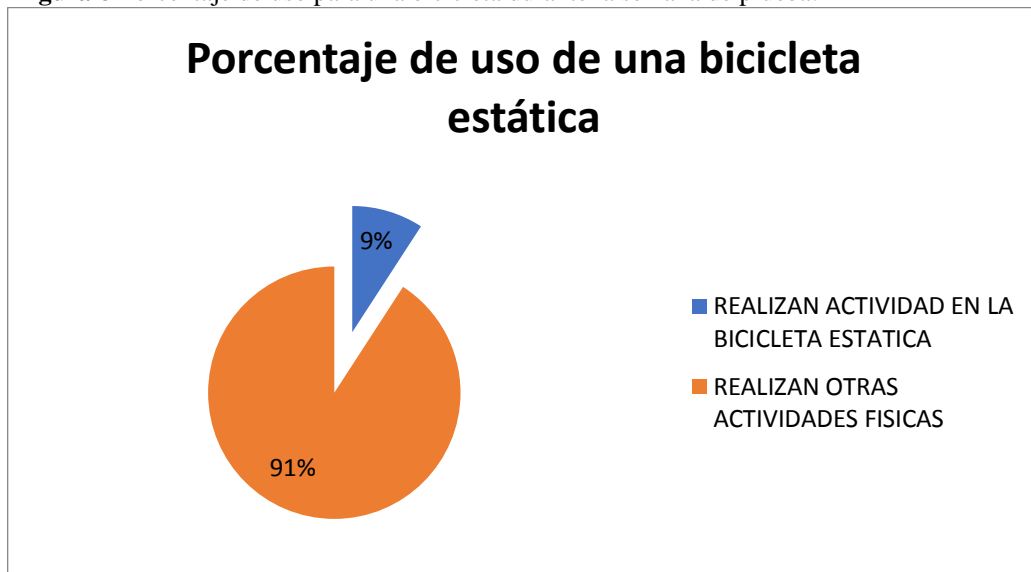
En la tabla 10, se puede apreciar el porcentaje de socios que usaron la bicicleta estática de prueba que representa un 9% del total de socios que tiene el gimnasio.

**Tabla 10** Porcentaje de personas que utilizaron la bicicleta estática de prueba.

| ITEM  | SOCIOS | PORCENTAJE |
|---|--------|------------|
| REALIZAN ACTIVIDAD EN LA BICICLETA ESTATICA | 11     | 9%         |
| REALIZAN OTRAS ACTIVIDADES FISICAS          | 109    | 91%        |

Realizado por: Los Autores.

A continuación, la figura 8, muestra el porcentaje de uso que obtuvo una bicicleta estática durante la semana de prueba.

**Figura 8** Porcentaje de uso para una bicicleta durante la semana de prueba.

**Realizado por:** Los Autores.

### 11.5. Determinación del horario de uso de bicicleta estática de prueba.

Si bien es cierto se conoce el promedio de uso típico de la bicicleta estática de prueba pero no se ha considerado las horas específicas en las cuales se usan las bicicletas estáticas. Es por eso que se consideró una tabulación en donde se establezca la hora de inicio y final de uso de la bicicleta de prueba.

El anexo 1 muestra las horas específicas de uso de las bicicletas estáticas por cada día de la semana de análisis. Con los datos registrados en el anexo 1 se procede a clasificar y a sumar el número de personas que coincidieron con el uso de la bicicleta estática en una hora específica, para de esta manera conocer las horas en las cuales se usa más la bicicleta estática.

A continuación, la tabla 11 muestra el número de personas que usaron la bicicleta estática de prueba por cada día de la semana, la hora de uso y el total semanal.

**Tabla 11** Personas que coincidieron en una hora determinada de uso de bicicleta.

| HORARIO DE ATENCION |               |       |        |           |        |         |        |               |
|---------------------|---------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------------|
| ITEM                | HORA          | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | TOTAL SEMANAL |
| HORA 1              | 05:00 - 06:00 | 1     | 0      | 1         | 1      | 1       | 0      | 4             |
| HORA 2              | 06:00 - 07:00 | 2     | 2      | 1         | 1      | 2       | 0      | 8             |
| HORA 3              | 07:00 - 08:00 | 2     | 2      | 1         | 0      | 0       | 0      | 5             |
| HORA 4              | 08:00 - 09:00 | 1     | 0      | 2         | 0      | 1       | 0      | 4             |
| HORA 5              | 09:00 - 10:00 | 2     | 1      | 0         | 2      | 1       | 1      | 7             |
| HORA 6              | 10:00 - 11:00 | 0     | 0      | 1         | 1      | 1       | 1      | 4             |
| HORA 7              | 11:00 - 12:00 | 1     | 1      | 1         | 0      | 1       | 1      | 5             |
| HORA 8              | 12:00 - 13:00 | 0     | 0      | 0         | 0      | 0       | 0      | 0             |

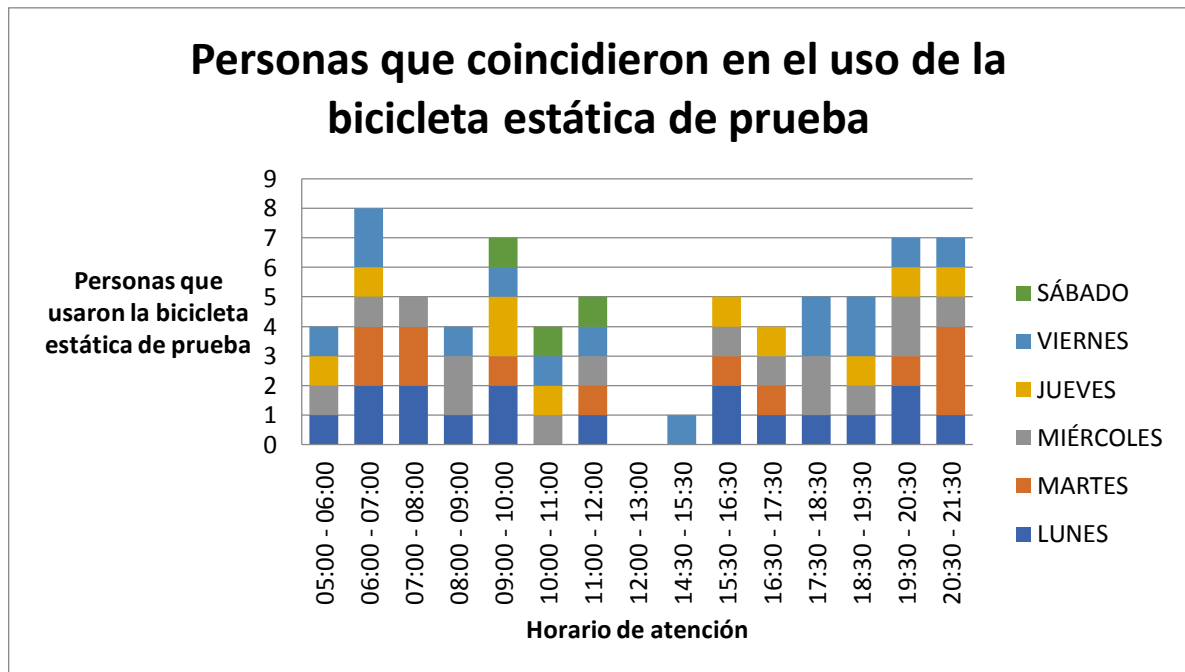
|                |               |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>HORA 9</b>  | 14:30 - 15:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <b>HORA 10</b> | 15:30 - 16:30 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| <b>HORA 11</b> | 16:30 - 17:30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| <b>HORA 12</b> | 17:30 - 18:30 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 5 |
| <b>HORA 13</b> | 18:30 - 19:30 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 5 |
| <b>HORA 14</b> | 19:30 - 20:30 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 7 |
| <b>HORA 15</b> | 20:30 - 21:30 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 7 |

Realizado por: Los Autores.

En la tabla 11 se establece las horas que más se usó la bicicleta estática de prueba las cuales son de: 06:00 a 07:00 am, con un total de 8 personas, y también se observa los horarios de 09:00 a 10:00; y 19:30 a 20:30 y de 20:30 a 21:30 con 7 personas en cada hora y que representan son los horarios que más Frecuencia de uso de la bicicleta estática.

La figura 9 muestra las personas que coincidieron con el uso de la bicicleta estática en una hora determinada.

**Figura 9** Personas que coincidieron con el uso de la bicicleta estática en una hora determinada.



Realizado por: Los Autores.

### 11.6. Determinación del tiempo de uso diario del grupo de 8 bicicletas.

Para realizar la estimación del tiempo de uso del grupo de bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM se procedió a registrar únicamente la simultaneidad y la cantidad de personas que ocupaban las demás bicicletas de donde se estableció una simultaneidad de 72,73% con respecto a la bicicleta de prueba.



A continuación, se muestra la tabla 12, donde se puede apreciar el número de personas que usaron el resto de bicicletas estáticas en el transcurso de la semana de pruebas.

**Tabla 12** Simultaneidad de personas realizando ejercicio en bicicletas estáticas.

| <b>USO DEL GRUPO DE BICICLETAS ESTATICAS EN EL GIMNASIO POWER HOUSE GYM SEMANA TIPICA</b> |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>DIA</b>  | <b>BICICLETA 1(# personas)</b> | <b>BICICLETA 2(# personas)</b> | <b>BICICLETA 3(# personas)</b> | <b>BICICLETA 4(# personas)</b> | <b>BICICLETA 5(# personas)</b> | <b>BICICLETA 6(# personas)</b> | <b>BICICLETA 7(# personas)</b> | <b>BICICLETA 8(# personas)</b> |
| <b>LUNES</b>  | 17                             | 0                              | 2                              | 3                              | 2                              | 2                              | 1                              | 3                              |
| <b>MARTES</b>   | 12                             | 0                              | 2                              | 1                              | 1                              | 1                              | 1                              | 2                              |
| <b>MIERCOLES</b>  | 15                             | 1                              | 2                              | 1                              | 1                              | 2                              | 2                              | 2                              |
| <b>JUEVES</b>   | 10                             | 1                              | 0                              | 1                              | 1                              | 1                              | 1                              | 1                              |
| <b>VIERNES</b>  | 14                             | 1                              | 2                              | 2                              | 1                              | 0                              | 1                              | 1                              |
| <b>SABADO</b>   | 3                              | 0                              | 0                              | 0                              | 0                              | 1                              | 0                              | 0                              |

Realizado por: Los Autores.

Posteriormente para la obtención del promedio de uso diario del grupo de bicicletas estáticas se procede a sumar a todas las personas que realizaron ejercicio de pedaleo y multiplicarlo por el tiempo ya antes establecido de 18 minutos que consta en la tabla 9. La tabla 13, muestra el número total de personas y el tiempo ejercitado por cada día de análisis. Además se puede apreciar que el sábado es el día con menor tiempo ejercitado tan solo con 1 hora y 12 minutos mientras que el día lunes es el día pico con tiempo ejercitado de 9 horas.

**Tabla 13** Minutos ejercitado en todo el grupo de bicicletas estáticas.

| <b>ITEM</b>                                | <b>LUNES</b> | <b>MARTES</b> | <b>MIERCOLES</b> | <b>JUEVES</b> | <b>VIERNES</b> | <b>SABADO</b> |
|--|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>NUMERO DE PERSONAS</b>                  | 30           | 20            | 26               | 16            | 22             | 4             |
| <b>TIEMPO PROMEDIO X PERSONA (MINUTOS)</b> | 18           | 18            | 18               | 18            | 18             | 18            |
| <b>TIEMPO EJERCITADO (MINUTOS)</b>         | 540          | 360           | 468              | 288           | 396            | 72            |
| <b>TIEMPO EJERCITADO (HORAS)</b>           | 9H: 00MIN    | 6H: 00MIN     | 7H: 48MIN        | 4H: 48MIN     | 6H: 36MIN      | 1H: 12MIN     |

Realizado por: Los Autores.

Y finalmente calculado el tiempo ejercitado y conociendo el número de personas que realizaron actividad de pedaleo se procede a calcular el promedio de personas que usan las bicicletas estáticas al cual se aplica el 72,73% de factor de simultaneidad.

La tabla 14, muestra los valores de uso del grupo de bicicletas estáticas en horas y minutos, y la cantidad de personas; de donde se estable el tiempo ejercitado diario promedio típico grupal de 4 horas y 12 minutos.

**Tabla 14** Frecuencia de uso del grupo de bicicletas estáticas.

| ITEM  | DIA TIPICO |
|---|------------|
| TIEMPO PROMEDIO X PERSONA (MINUTOS)         | 18         |
| NUMERO DE PERSONAS DIARIAS PROMEDIO         | 14         |
| TIEMPO EJERCITADO DIARIO PROMEDIO (MINUTOS) | 252        |
| TIEMPO EJERCITADO DIARIO PROMEDIO (HORAS)   | 4H: 12MIN  |

Realizado por: Los Autores.

A continuación, la figura 10, muestra el porcentaje de uso que obtuvo el grupo de bicicletas estáticas durante la semana de prueba.

**Figura 10** Porcentaje de uso del grupo de bicicletas estáticas.

Realizado por: Los Autores.

### 11.7. Descripción del uso de las bicicletas estáticas en el gimnasio POWER HOUSE GYM.

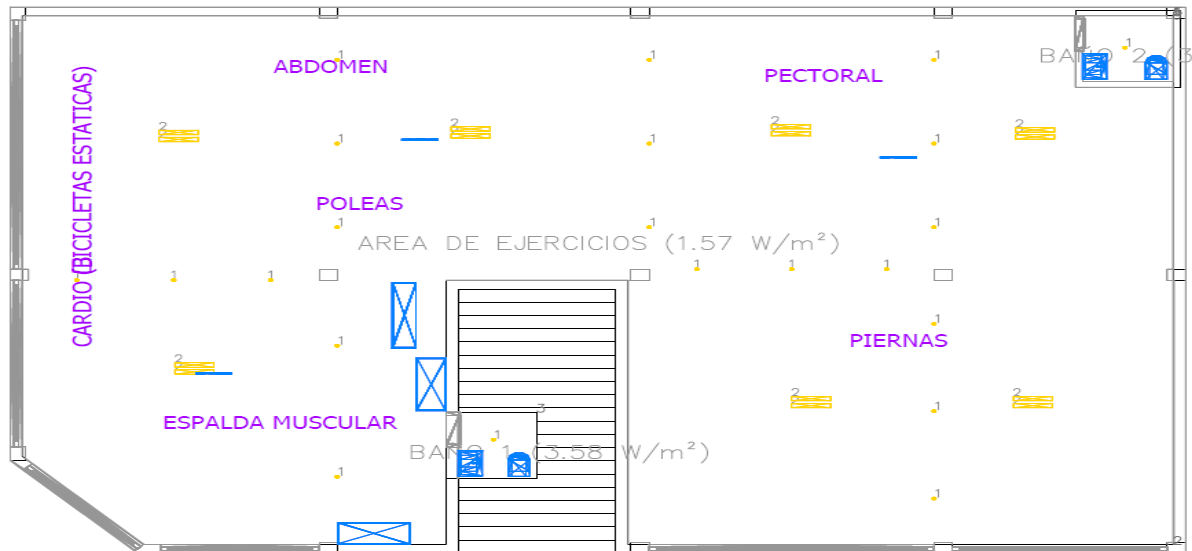
Después de haber culminado con el análisis y la tabulación de los datos registrados en el gimnasio Power House Gym, se pudo constatar que este establecimiento cuenta con una buena cantidad de personas que si utilizan las bicicletas estáticas mismas que se puede usar para la generación de energía eléctrica mediante propulsión humana puesto que las personas que realizan esta actividad representan el 12% del total de los socios con relación al grupo total de bicicletas mientras que la bicicleta de prueba la usaron un 9% del total de los socios.

Una vez establecido el tiempo promedio de uso y el número de personas se podrá dimensionar el sistema de generación eléctrico, almacenamiento, protecciones y demás elementos de una forma más segura y confiable; prolongando la vida útil de los componentes, elegir las características más apropiadas de los elementos del sistema y por su puesto a reducir en algo el costo de la inversión y mantenimiento.

### 11.8. Descripción del establecimiento

El gimnasio POWER HOUSE GYM del Sr. Marco Aníbal Toscano Ariza está ubicada en el Cantón Latacunga y tiene una construcción de 315 m<sup>2</sup>, distribuida como se muestra en la figura 11.

**Figura 11** Plano arquitectónico del gimnasio POWER HOUSE GYM.



**Realizado por:** Los Autores.

**Tabla 15** Distribución del gimnasio en estudio

| Áreas:              |
|---------------------|
| Cardío              |
| Espalda musculación |
| Poleas              |
| Abdomen             |
| Pectoral            |
| Piernas             |
| 2 Baños             |
| Recepción           |

**Realizado por:** Los Autores.

En la tabla 15 muestra la distribución del gimnasio POWER HOUSE GYM del Sr. Marco Aníbal Toscano Ariza.

### 11.9. Determinación de la demanda y energía mediante la instalación de un analizador de carga Fluke 365.

Para determinar la demanda del sistema se instaló un analizador de carga, misma que permite conocer de forma precisa los parámetros de energía consumida, demanda del sistema, factor

de potencia, etc. La tabla 16, muestra los valores de demanda y energía obtenidos mediante el analizador de carga Fluke 365 propiedad de la empresa eléctrica ELEPCO S.A. y su posterior análisis con la aplicación de histogramas de frecuencia. De donde se establece que la energía consumida es de 6,50 kWh.

Por otra parte, en la tabla 17, muestra un resumen con los valores máximos y mínimos tanto de potencia como de energía y el respectivo factor de potencia de la instalación, en donde el valor mínimo de demanda es de 0,046 kW y el máximo de 1,268 kW, mientras que en energía tenemos un consumo de 0,84 kWh como máxima y 0,014 kWh como mínima y con un factor de potencia de 0,99; con un consumo promedio de demanda de 0,026 kW.

**Tabla 16** Valores de demanda y energía determinados por el analizador de carga y la aplicación de histogramas de frecuencia.

| <b>Hora</b>  | <b>Potencia (kW)</b> | <b>Energía (kWh)</b> |
|--------------|----------------------|----------------------|
| <b>00:00</b> | 0,103                | 19,60                |
| <b>01:00</b> | 0,150                | 14,31                |
| <b>02:00</b> | 0,108                | 15,38                |
| <b>03:00</b> | 0,125                | 17,90                |
| <b>04:00</b> | 0,114                | 19,07                |
| <b>05:00</b> | 0,844                | 602,51               |
| <b>06:00</b> | 1,094                | 807,57               |
| <b>07:00</b> | 0,830                | 632,03               |
| <b>08:00</b> | 0,301                | 251,03               |
| <b>09:00</b> | 0,183                | 156,75               |
| <b>10:00</b> | 0,094                | 80,86                |
| <b>11:00</b> | 0,146                | 135,28               |
| <b>12:00</b> | 0,095                | 81,63                |
| <b>13:00</b> | 0,140                | 43,36                |
| <b>14:00</b> | 0,125                | 47,61                |
| <b>15:00</b> | 0,081                | 42,54                |
| <b>16:00</b> | 0,150                | 93,16                |
| <b>17:00</b> | 0,397                | 283,46               |
| <b>18:00</b> | 0,823                | 627,06               |
| <b>19:00</b> | 0,946                | 721,08               |
| <b>20:00</b> | 0,954                | 727,20               |
| <b>21:00</b> | 1,172                | 836,83               |
| <b>22:00</b> | 0,485                | 231,00               |
| <b>23:00</b> | 0,123                | 17,60                |

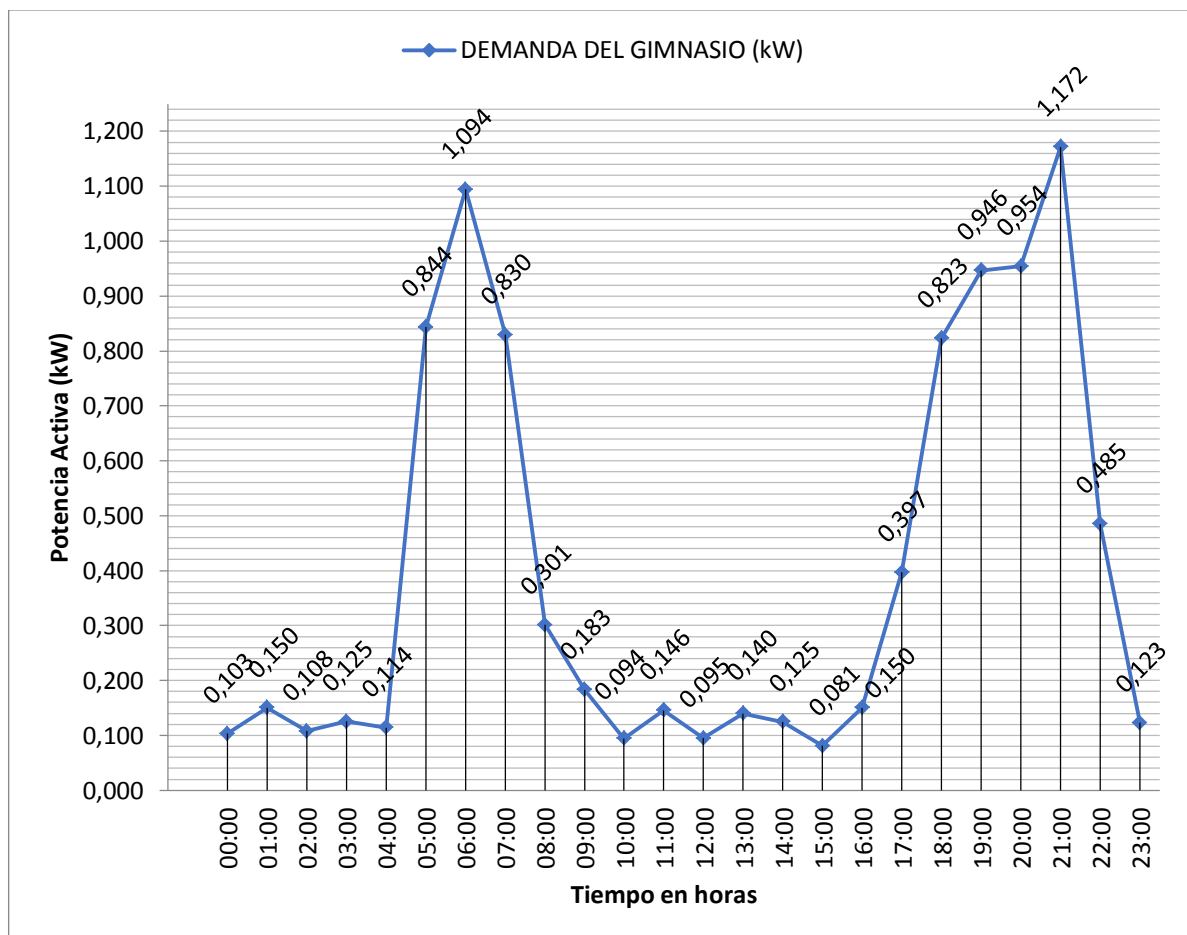
**Realizada por:** Los Autores.

**Tabla 17** Valores máximos y mínimos de demanda y energía.

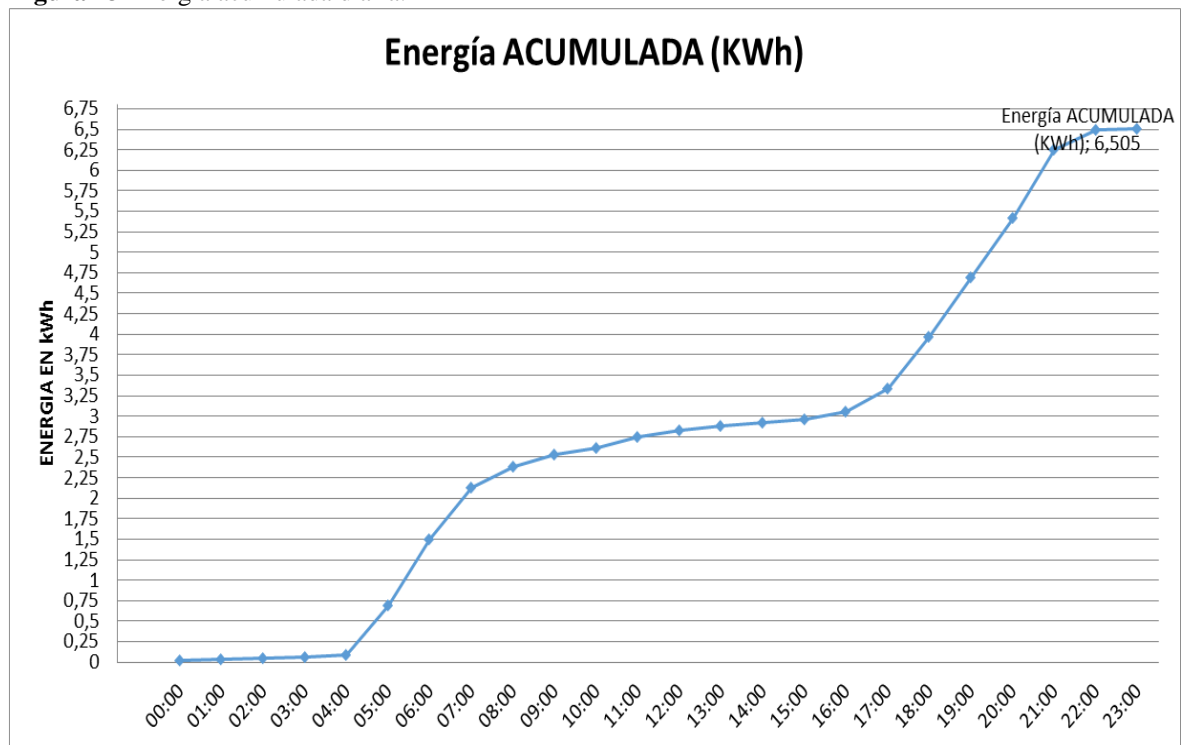
| Potencia (kW)   |       | Energía (kWh)                   |       |
|---|-------|---------------------------------|-------|
| <b>Max</b>  | 1,172 | <b>Max</b>                      | 0,84  |
| <b>Min</b>  | 0,081 | <b>Min</b>                      | 0,014 |
| <b>Promedio diario</b>                                | 0,399 | <b>Energía diaria consumida</b> | 6,5   |
| <b>Valores máximo y mínimo sin aplicar histograma</b> |       |                                 |       |
| <b>Max</b>  | 1,80  | <b>Max</b>                      | 0,3   |
| <b>min</b>  | 0,00  | <b>min</b>                      | 0,00  |
| <b>fp</b>   |       |                                 | 0,99  |

Realizada por: Los Autores.

Con los valores de la tabla 16, se realizó las figuras 12 y 13 que representan la curva de demanda y de energía diarios del gimnasio POWER HOUSE GYM respectivamente con el analizador de carga.

**Figura 12** Curva de demanda diaria del gimnasio con analizador de carga Fluke 365.

Realizada por: Los Autores.

**Figura 13** Energía acumulada diaria.

**Realizada por:** Los Autores.

### 11.10. Determinación de la carga instalada.

Con la finalidad de conocer la carga instalada del gimnasio POWER HOUSE GYM, se realiza un levantamiento de carga, la misma que permite obtener información real de la carga total instalada dentro del establecimiento. La tabla 18 muestra la carga instalada del gimnasio que consta con los siguientes aparatos eléctricos detallados con sus respectivas potencias y cantidades.

**Tabla 18** Detalle del levantamiento de carga

| ITEM  | APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO          |       |                          |                    |
|---|---|-------|--------------------------|--------------------|
|   | DESCRIPCION                                 | CANT. | Potencia del sistema (W) | Potencia Total (W) |
| <b>CARGAS INSTALADAS DEL GIMNASIO POWER HOUSE GYM</b> |   |       |                          |                    |
| 1   | Puntos de alumbrado LED Tipo tubo (2 x 13w) | 14    | 26                       | 364                |
| 2   | Puntos de alumbrado LED ( 7w)               | 20    | 7                        | 140                |
| 3   | Puntos de alumbrado LED ( 7w) Baños         | 2     | 7                        | 14                 |
| 4   | Refrigeradora                               | 1     | 250                      | 250                |
| 5   | Televisor                                   | 1     | 100                      | 100                |
| 6   | Equipo de sonido                            | 1     | 215                      | 215                |
| 7   | Caminadoras (1,5 HP)                        | 2     | 3600                     | 7200               |
| <b>Carga instalada</b>                                |   |       |                          | <b>8283</b>        |

**Realizada por:** Los Autores.

De acuerdo al censo de carga la vivienda tiene una carga instalada de: **8283 (W)**

### 11.11. Determinación de la Demanda total del gimnasio.

Se establece la demanda total del sistema que es de 1,82 kW los mismos que se justifican en la tabla 19, en la cual se observa los aparatos eléctricos que pueden coincidir en un mismo instante de uso durante un día típico, de igual manera se fijan los valores de los factores de utilización que representa el grado de uso de cada artefacto eléctrico; además para el diseño del sistema de generación eléctrico se ha considerado 25% adicional.

Cabe mencionar que para cubrir la demanda de las caminadoras de 1,5hp se ha considerado que se siga alimentando a la red de la empresa eléctrica de distribución ELEPCO S.A, debido a que la carga trabaja un voltaje de alimentación de 220 VCA. Además cabe aclarar que este trabajo pretende cubrir la demanda de cargas de baja potencia e iluminación en las horas pico que se alimentaran desde un banco de baterías que serán cargadas mediante la propulsión humana, mismos que serán analizados posteriormente.

**Tabla 19** Determinación de la demanda del gimnasio.

| ITEM                               | APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO          |       |                          |      |      |                    |
|------------------------------------|---|-------|--------------------------|------|------|--------------------|
|                                    | DESCRIPCION                                 | CANT. | Potencia del sistema (W) | Fu   | Fs   | Potencia Total (W) |
| <b>CARGAS RESIDENCIALES</b>        |   |       |                          |      |      |                    |
| 1                                  | Puntos de alumbrado LED Tipo tubo (2 x 13W) | 14    | 26                       | 100% | 100% | 364                |
| 2                                  | Puntos de alumbrado LED ( 7W)               | 20    | 7                        | 100% | 100% | 140                |
| 3                                  | Puntos de alumbrado LED ( 7W) Baños         | 2     | 7                        | 100% | 100% | 14                 |
| 4                                  | Refrigeradora                               | 1     | 250                      | 80%  | 70%  | 140                |
| 5                                  | Televisor                                   | 1     | 100                      | 20%  | 30%  | 6                  |
| 6                                  | Equipo de sonido                            | 1     | 215                      | 100% | 70%  | 150,5              |
| 7                                  | Caminadoras (1,5 HP)                        | 2     | 3600                     | 30%  | 30%  | 648                |
| <b>DEMANDA TOTAL DEL GIMNASIO</b>  |   |       |                          |      |      | 1462,5             |
| <b>DEMANDA DE DISEÑO PROPUESTO</b> |   |       |                          |      |      | 1828               |

**Realizada por:** Los Autores.

### 11.12. Determinación del consumo de energía total del gimnasio.

**Tabla 20** Determinación del consumo de energía del gimnasio.

| ITEM                                      | APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO         |       |                       | Tensión                | Intensidad | Uso diario | Fu   | Fs           | Energía |        |
|---|--|-------|-----------------------|------------------------|------------|------------|------|--------------|---------|--------|
|   | DESCRIPCION                                | CANT. | Pn (W)                | (VCA)                  | (A)        | (h)        |      |              | (Wh)    |        |
| <b>CARGAS DEL ESTABLECIMIENTO</b>         |  |       |                       |                        |            |            |      |              |         |        |
| 1   | Puntos de alumbrado LED Tipo tubo (2 x 7W) | 14    | 26                    | 120                    | 3,79       | 5          | 100% | 100%         | 1820,00 |        |
| 2   | Puntos de alumbrado LED ( 7W)              | 20    | 7                     | 120                    | 1,46       | 5          | 100% | 100%         | 700,00  |        |
| 3   | Puntos de alumbrado LED ( 7W) Baños        | 2     | 7                     | 120                    | 0,15       | 1          | 100% | 100%         | 14,00   |        |
| 4   | Refrigeradora                              | 1     | 250                   | 120                    | 2,60       | 4          | 70%  | 70%          | 490,00  |        |
| 5   | Televisor                                  | 1     | 100                   | 120                    | 1,04       | 1          | 20%  | 30%          | 6,00    |        |
| 6   | Equipo de sonido                           | 1     | 215                   | 120                    | 2,24       | 15         | 100% | 70%          | 2257,50 |        |
| 7   | Caminadoras (1,5 HP)                       | 2     | 3600                  | 220                    | 40,91      | 3          | 30%  | 30%          | 1944,00 |        |
| <b>T O T A L E S.</b>                     |  |       | 8283,0                |                        | 11,28      |            |      |              | 7231,50 |        |
| <b>NUMERO DE DIAS DEL MES</b>             |  | 22    | Marzo                 | <b>ENERGIA</b>         |            |            |      | <b>(kWh)</b> |         |        |
| <b>FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA fp=</b> |  | 0,95  | <b>CONSUMO DIARIO</b> |                        |            |            |      |              | 7,23    |        |
| <b>DEMANDA DE DISEÑO</b>                  |  | 1,82  | Kw                    | <b>CONSUMO MENSUAL</b> |            |            |      |              |         | 159,09 |
| <b>NUMERO DE USUARIOS</b>                 |  | 1     | <b>CONSUMO ANUAL</b>  |                        |            |            |      |              | 1909,12 |        |

**Realizada por:** Los Autores.

Dentro de los cálculos realizados para la determinación de la energía se realizó un análisis con la finalidad de conocer la energía consumida por los artefactos eléctricos, se realizó un inventario de consumo de energía, misma que se detalla en la tabla 20. De donde se obtiene el valor medio de la energía diaria consumida por las cargas del establecimiento:  $W_d = 7,23$  kWh/día; con un consumo mensual es de 159,09 kWh/mes y anual de 1909,12 kWh/año

### 11.13. Curva de demanda sin analizador de carga.

Para conocer la curva de demanda podemos relacionar los factores de Utilización y simultaneidad, mismos que permiten conocer los aparatos que pueden coincidir en un instante de uso y el grado de uso de cada aparato o conjunto de aparatos eléctricos.

Además, se tomó en consideración la relación de funcionamiento del establecimiento, obteniendo de esta manera la tabla 21, que muestra la demanda del sistema sin utilización de analizador de carga.

Los factores de utilización son los descritos en la tabla 19. Mismos que son valores estándares establecidos para estos tipos de cargas.

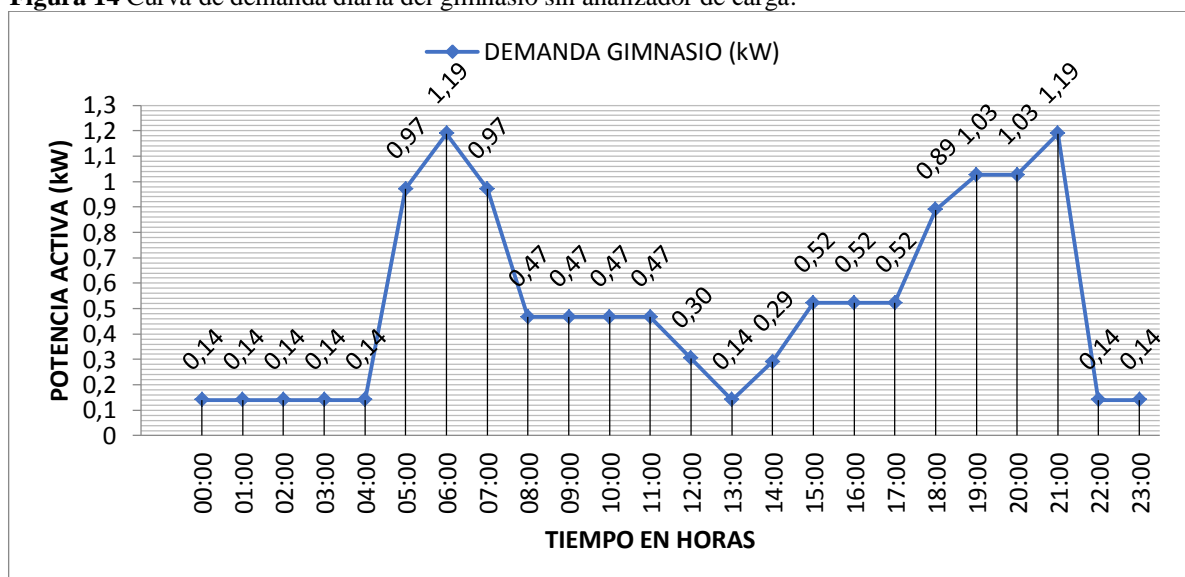


**Tabla 21** Determinación del consumo de energía del gimnasio.

| Hora  | Puntos de alumbrado LED Tipo tubo (2 x 13W) | Puntos de alumbrado LED (7W) | Puntos de alumbrado LED (7W) Baños | Refrigeradora (W) | Televisor (W) | Equipo de sonido (W) | Caminadoras de 1,5 HP (W) | DEMANDA GIMNASIO (kW) |
|-------|---|------------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| 00:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 01:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 02:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 03:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 04:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 05:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 162,00                    | 0,97                  |
| 06:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 324,00                    | 1,19                  |
| 07:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 162,00                    | 0,97                  |
| 08:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 162,00                    | 0,47                  |
| 09:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 162,00                    | 0,47                  |
| 10:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 162,00                    | 0,47                  |
| 11:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 162,00                    | 0,47                  |
| 12:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 0,00                      | 0,30                  |
| 13:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 14:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 0,00                      | 0,29                  |
| 15:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 162,00                    | 0,52                  |
| 16:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 162,00                    | 0,52                  |
| 17:00 | 0,00  | 0,00                         | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 162,00                    | 0,52                  |
| 18:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 0,00          | 150,50               | 81,00                     | 0,89                  |
| 19:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 162,00                    | 1,03                  |
| 20:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 162,00                    | 1,03                  |
| 21:00 | 364,00                                      | 140,00                       | 14,00                              | 140,00            | 56,00         | 150,50               | 324,00                    | 1,19                  |
| 22:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |
| 23:00 | 0,00  | 0,00                         | 0,00                               | 140,00            | 0,00          | 0,00                 | 0,00                      | 0,14                  |

Realizada por: Los Autores.

A continuación, se muestra la figura 14. Representa la demanda del sistema sin analizador de carga, en donde se puede apreciar la demanda máxima del sistema que es de 1,19 kW, misma que se da a las 21:00 y una demanda promedio de 0,52 kW y una demanda base de 0,14kW.

**Figura 14** Curva de demanda diaria del gimnasio sin analizador de carga.

Realizada por: Los Autores.

## 11.14. Análisis de la carga a ser suministrada.

### 11.14.1. Demanda del sistema de iluminación.

El sistema de iluminación del gimnasio POWER HOUSE GYM consta de dos subtableros de distribución que alimentan un total de 14 lámparas tipo led de 2x13 W, 22 luminarias led tipo campana de 7 W de las cuales 2 luminarias tipo led tipo campana pertenecen a los 2 baños del gimnasio, dando una demanda total instalada de 518 W. La demanda del sistema de iluminación representa 35,42% de la demanda total del gimnasio que es de 1,82 Kw. La tabla 22, muestra las cargas del sistema de iluminación que deberá suministrar el sistema de generación por propulsión humana en horas pico. La demanda del sistema será de 600 W, con una reserva de 16% con respecto a la demanda total instalada.

**Tabla 22** Carga a suministrar por el generador durante horas pico.

| ITEM                               | APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO          |       |                          |      |      |                    |
|------------------------------------|---|-------|--------------------------|------|------|--------------------|
|                                    | DESCRIPCION                                 | CANT. | Potencia del sistema (W) | Fu   | Fs   | Potencia Total (W) |
| <b>CARGAS RESIDENCIALES</b>        |   |       |                          |      |      |                    |
| 1                                  | Puntos de alumbrado LED Tipo tubo (2 x 13w) | 14    | 26                       | 100% | 100% | 364                |
| 2                                  | Puntos de alumbrado LED ( 7w)               | 20    | 7                        | 100% | 100% | 140                |
| 3                                  | Puntos de alumbrado LED ( 7w) Baños         | 2     | 7                        | 100% | 100% | 14                 |
| <b>DEMANDA DE DISEÑO CALCULADO</b> |   |       |                          |      |      | 518                |
| <b>DEMANDA DE DISEÑO PROPUESTO</b> |   |       |                          |      |      | 600                |

Realizada por: Los Autores.

### 11.14.2. Energía consumida por el sistema de iluminación

**Tabla 23** Energía a cubrir en horas pico

| <b>Energía consumida por el sistema de iluminación</b> |   |       |                       |                        |            |            |       |      |         |       |
|--|---|-------|-----------------------|------------------------|------------|------------|-------|------|---------|-------|
| ITEM   | APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO          |       |                       | Tensión                | Intensidad | Uso diario | Fu    | Fs   | Energía |       |
|  | DESCRIPCION                                 | CANT. | Pn (W)                | (VCA)                  | (A)        | (h)        |       |      | (Wh)    |       |
| <b>CARGAS DEL ESTABLECIMIENTO</b>                      |   |       |                       |                        |            |            |       |      |         |       |
| 1  | Puntos de alumbrado LED Tipo tubo (2 x 13W) | 14    | 24                    | 120                    | 3,50       | 5          | 100%  | 100% | 1680,00 |       |
| 2  | Puntos de alumbrado LED ( 7W)               | 20    | 7                     | 120                    | 1,46       | 5          | 100%  | 100% | 700,00  |       |
| 3  | Puntos de alumbrado LED ( 7W) Baños         | 2     | 7                     | 120                    | 0,15       | 1          | 100%  | 100% | 14,00   |       |
| <b>T O T A L E S.</b>                                  |   |       | 490,0                 |                        | 5,10       |            |       |      | 2394,00 |       |
| <b>NUMERO DE DIAS DEL MES</b>                          |   | 22    | Marzo                 | <b>ENERGIA</b>         |            |            | (kWh) |      |         |       |
| <b>FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA fp=</b>              |   | 0,95  | <b>CONSUMO DIARIO</b> |                        |            |            |       |      | 2,39    |       |
| <b>DEMANDA DE DISEÑO</b>                               |   | 0,6   | Kw                    | <b>CONSUMO MENSUAL</b> |            |            |       |      |         | 52,67 |
| <b>NUMERO DE USUARIOS</b>                              |   | 1     | <b>CONSUMO ANUAL</b>  |                        |            |            |       |      | 632,02  |       |

Realizada por: Los Autores.

Para determinar el valor medio de la energía consumida por el sistema de iluminación en las horas pico se estableció la tabla 23. Donde se obtiene el valor medio de la energía diaria consumida por las luminarias del establecimiento:  $W_d = 2,39$  kWh/día; con un consumo mensual es de 52,67 kWh/mes y anual de 632,02 kWh/año.

La energía media consumida por el sistema de iluminación representa 33,06% de la energía media consumida por todo el gimnasio que es de 7,23 kWh/día

## 11.15. Dimensionado Del Sistema De Acumulación

### 11.15.1. Determinación de la capacidad del sistema de acumulación

Para garantizar la continuidad del suministro de energía eléctrica para el sistema de iluminación del gimnasio durante las horas picos es importante determinar el número de baterías y la cantidad que consume la carga en Ah, también establecer la profundidad de descarga y autonomía que tendrá el sistema de acumulación. Para el sistema de acumulación del gimnasio se ha considerado una autonomía de 1 día. La tabla 23 muestra la energía diaria consumida por el sistema de iluminación.

De acuerdo a la tabla 23, la energía diaria consumida por el sistema de iluminación es de 2,39 kWh, y se dimensionara el sistema de acumulación a un nivel de voltaje de 12 V y un día de autonomía. Antes de calcular la capacidad nominal de la batería debemos calcular el consumo medio diario en (Ah/día). Que se obtiene aplicando la ecuación 1:

$$Q_d = \frac{2,39 \text{ Kwh}}{0,012 \text{ Kv}} = 199,16 \text{ Ah}$$

Ahora aplicando la ecuación 2, podremos conocer la cantidad mínima de amperios hora consumida que necesita el sistema de acumulación:

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{m\acute{a}x} * \eta_{inv} * \eta_{rb}} = Ah$$

$$C_{100} = \frac{199,16 * 1}{0,70 * 0,98 * 0,95} = 305,60 \text{ Ah}$$

Además, dentro del correcto dimensionamiento del sistema de acumulación debemos considerar el aspecto de temperatura aspecto que es de vital importancia, puesto que las bajas temperaturas disminuyen aproximadamente en 1% por cada grado centígrado.

Por lo tanto, la capacidad real del sistema de acumulación por el efecto de la temperatura se puede calcular aplicando la ecuación 3.

$$c'_n = \frac{c_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}}$$

$$c'_n = \frac{302,51}{1 - \frac{17}{160}} = 341,93 \text{ Ah}$$

### 11.15.2. Determinación del número de baterías.

Finalmente se calcula el número de baterías que formaran parte del sistema de acumulación de la siguiente manera. En donde solamente se calculara el número de baterías a conectar en paralelo ya que el sistema de acumulación es a 12 voltios y por lo tanto no necesita conexión en serie.

### 11.15.3. Conexión en paralelo de los acumuladores.

Aun que se debe evitar al máximo la conexión en paralelo no siempre es posible debido al requerimiento de la carga. Por lo tanto, ahora calcularemos el número de baterías a conectar en paralelo, mediante la ecuación 4.

$$N_{bp} = \frac{c'_n}{c_b}$$

Entonces según el catalogo del acumulador procedemos a calcular las ramas en paralelo.

$$N_{bp} = \frac{341,93 \text{ Ah}}{316 \text{ Ah}} = 1,08$$

$$N_{bp} = 1 \text{ baterias}$$

Entonces con el tipo de acumulador batería ULTRACELL 316 Ah tenemos un total de 2 baterías tomando en cuenta el día de autonomía, mismas que se conectaran en paralelo pero con BY PASS para utilizar una batería en cada día.

## 11.16. Análisis del tiempo de carga del sistema de acumulación.

### 11.16.1. Dimensionamiento del generador eléctrico por propulsión humana.

Para el dimensionamiento del generador eléctrico se tomara en cuenta únicamente las cargas de iluminación del gimnasio y la tabla 9 que es el resultado del promedio típico de uso diario

de la bicicleta estática de prueba, registrada durante la etapa de pruebas efectuadas en el mes de marzo del 2019 en el gimnasio; mismas que proporcionaron el valor 18 minutos por persona y un total de 11 personas que usan las bicicleta estática al día; con un tiempo ejercitado de 198 minutos o también 3 horas y 18 minutos.

Para estimar el potencial eléctrico de la bicicleta se debe conocer el torque aplicado que debe ejercer la persona, tomando en cuenta la fuerza en N por persona que tiene un promedio de 294,2 N; además se conoce la distancia de los pedales 12,5 cm. por lo tanto si aplicamos la ecuación 13

$$T = F \times L$$

$$T = 294,2 [N] * 0,125[m] = 36,77 [Nm]$$

Entonces ahora podemos encontrar la potencia mecánica necesaria para el sistema tomando en cuenta los registros del promedio de pedaleo de 196 RPM por persona entonces ahora se calcula la velocidad angular con la ecuación 17 y después se calcula la velocidad lineal con la ecuación 18.

$$\omega = \frac{2 * \pi * 196}{60} [rad/s]$$

$$\omega = \frac{2 * \pi * 196}{60} [rad/s]$$

$$\omega = 20,55 [rad/s]$$

Por lo tanto la potencia mecánica necesaria para el nuestros sistema se calcula con la ecuación 19.

$$P_m = T \times \omega$$

$$P_m = 36,67 \times 20,55 [W]$$

$$P_m = 753,57 [W]$$

$$P_m = 753,57 [W] * 1[Personas] * 0,3 [Horas] = 226,07 \left[ \frac{Wh}{persona} \right]$$

### 11.16.2. Características del alternador.

Para el sistema de generación se usa un alternador automotriz FORD 1G 12V 65A polea doble REMAN 7706, cuyas características técnicas se detalla en el anexo 2. Este dispositivo eléctrico es capaz de soportar una corriente máxima de 65A y opera a un voltaje nominal de 12 VCA, cabe aclarar que el alternador usado en las pruebas es de segunda mano. Por lo tanto debemos antes conocer la potencia máximas que puede entregar este dispositivo eléctrico. Entonces para determinar la potencia del alternador utilizar la ecuación 15.

$$W_E = V * I$$

$$W_E = 12[V] * 65[A]$$

$$W_E = 780 [W]$$

Es decir la potencia máxima que puede entregar el alternador en condiciones normales es de 780 [W].

Sin embargo todo dispositivo eléctrico tiene un determinado rendimiento que en este caso estableceremos de un 89%, al ser un del alternador usado. Por lo tanto Entonces si aplicamos la ecuación 16.

$$W_{Ereal} = \eta * W_E$$

$$W_{Ereal} = 780 * 0,89$$

$$W_{Ereal} = 694 [W]$$

Esto significa que la potencia máxima que entregara el alternador en condiciones nominales será de 694 [W].

### 11.16.3. Energía generada por una persona.

Para determinar la energía generada por una persona se toma en cuenta el tiempo promedio calculado en la tabla 9, que es de 18 minutos y se multiplica por la potencia máxima que puede entregar el generador que es de 694 W.

$$Energia_{Gmax \times persona} = 694 [W] * 0,3[h] = 208,2 [Wh]$$

Entonces aplicando la ecuación 15 el rendimiento del sistema seria.

$$\eta = \frac{\text{Energía de salida}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\eta = \frac{208,2}{226,07} = 0,92$$

#### 11.16.4. Energía generada por todas las personas que usaron la bicicleta de prueba.

Entonces la energía máxima que podría almacenar se calcula mediante la multiplicación de potencia máxima del alternador y el tiempo de uso típico de las bicicletas estáticas que es de 3 horas (3 horas), por lo tanto si calculamos la energía generada en condiciones normales de operación del generador tenemos que.

$$\text{Energía}_{G_{max}} = 208,2 [W] * 10 [personas] = 2082 [Wh]$$

De esta manera se establece que el alternador puede generar una energía diaria de 2,29 kWh, mientras que la energía semanal es de 2,29kWh multiplicada por los 5 días que brinda servicio el gimnasio, por lo tanto:

$$\text{Energía}_{G_{semanal}} = 694 [W] * 3[h] * 5[d] = 10410 [Wh/semanal]$$

Como la carga consume una energía aproximada de 518 W durante 5 horas de lunes a viernes, la energía total consumida por la carga será la suma de estos valores, por lo tanto:

$$\text{Energía}_{C_{semanal}} = [518 [W] * 5[h] * 5[d]] [Wh/semanal]$$

$$\text{Energía}_{C_{semanal}} = 12950 [Wh/semanal]$$

Estableciendo de esta manera un faltante de 19,61 % que representa 2540 [Wh/semanal]; que se sería abastecida por el resto de los días en los cuales hay más personas realizando ejercicio físico en la bicicleta estática. La tabla 24 muestra el resumen de energía generada con el alternador de prueba, operando en condiciones nominales. Para el día crítico que tiene un número de 10 personas y un tiempo de uso promedio de 18 minutos.

**Tabla 24** Resumen de generación del sistema.

| DESCRIPCION   | Una persona (Wh) | Diaria (Wh) | Semanal (kWh) | Mensual (kWh) | Anual (Wh) |
|---|------------------|-------------|---------------|---------------|------------|
| ALTERNADOR AUTOMOTRIZ FORD 1G 12V<br>65A POLEA DOBLE REMAN 7706 | 208,2            | 2082        | 10,41         | 229,02        | 2748,24    |

**Realizado por:** Los Autores.

### 11.16.5. Tiempo requerido para cargar las baterías.

Para determinar el tiempo de carga de las baterías tomaremos el valor de 215 Ah que deberá almacenar el sistema de acumulación tomando en cuenta el efecto temperatura calculado y que representara nuestro nuevo y que calcula con la ecuación 1.

$$Q_d = c'_n$$

$$Q_d = 215Ah$$

Como:

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n} \therefore W_d = Q_d * U_n$$

Entonces:

$$W_d = Q_d * U_n$$

$$W_d = 215 * 12$$

$$W_d = 2,58 kWh$$

Además

$$W_d = U_n * I_n * T$$

$$T = \frac{W_d (kWh)}{U_n (kV) * I_n (A) * n_{alt}}$$

$$T = \frac{2,58 kWh}{0,012kV * 65 A * 0,89} = 3,71 Horas$$

El tiempo estimado para cargar una batería al 100 % con el alternador automotriz FORD 1G 12V 65A polea doble REMAN 7706 es de 3,71 horas, que equivale a 223 minutos o también 3 horas, 42 minutos.

Por lo tanto el tiempo que faltaría para cargar las baterías es de 42 minutos ya que el uso promedio de las bicicletas estáticas es de 3 horas.



### 11.17. Pruebas realizadas al prototipo.

#### Características del alternador.

Para el sistema de generación se usa un alternador automotriz FORD 1G 12V 65A polea doble REMAN 7706, cuyas características técnicas se detalla en el anexo 2. Este dispositivo eléctrico es capaz de soportar una corriente máxima de 65A y opera a un voltaje nominal de 12 VCA, cabe aclarar que el alternador usado en las pruebas es de segunda mano.

Esto significa que la potencia máxima que entregara el alternador en condiciones nominales será de 694 [W]. Como la potencia del alternador está relacionada a las RPM y la velocidad que se ejercite cada una de las personas es necesario realizar pruebas para reconfigurar la conexión entre el eje del alternador y la llanta de la bicicleta estática, para de esta manera conseguir que el alternador entregue su máxima potencia.

Las RPM se tomaron en el eje del alternador cuyo diámetro es de 7,5cm y se estableció la relación de RPM de la llanta de la bicicleta que tiene un diámetro de 46cm.

Entonces si tenemos 1200 RPM registrados en el eje del alternador la relación con la llanta de la bicicleta estática. Aplicando la ecuación 14 tenemos:

$$N_1 * D_1 = N_2 * D_2$$

$$N_1 = \frac{N_2 * D_2}{D_1}$$

$$N_1 = \frac{1200 (RPM) * 0,075 (m)}{0,46 (m)}$$

$$N_1 = 195,65 (RPM) \approx 196 (RPM) \text{ en la llanta de la bicicleta.}$$

Ahora se establece la velocidad lineal para dichas revoluciones 196 RPM, para lo cual usaremos las ecuaciones 17 y 18.

$$\omega = \frac{2*\pi*n}{60} \therefore v = \left( \frac{2*\pi*n}{60} * r \right) \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$v = \left( \frac{2 * \pi * n}{60} * r * \frac{3600}{1000} \right) \left[ \frac{km}{h} \right]$$

$$v = \left( \frac{2 * \pi * 196}{60} * 0,23 * \frac{3600}{1000} \right) \left[ \frac{km}{h} \right]$$

$$v = 16,96 \left[ \frac{km}{h} \right]$$

A continuación la tabla 25 muestra los valores de RPM medidos con un tacómetro en el eje del alternador y su relación con la llanta de la bicicleta estática, junto a ellos se detalla también los valores de voltaje y corriente medidos durante las pruebas.

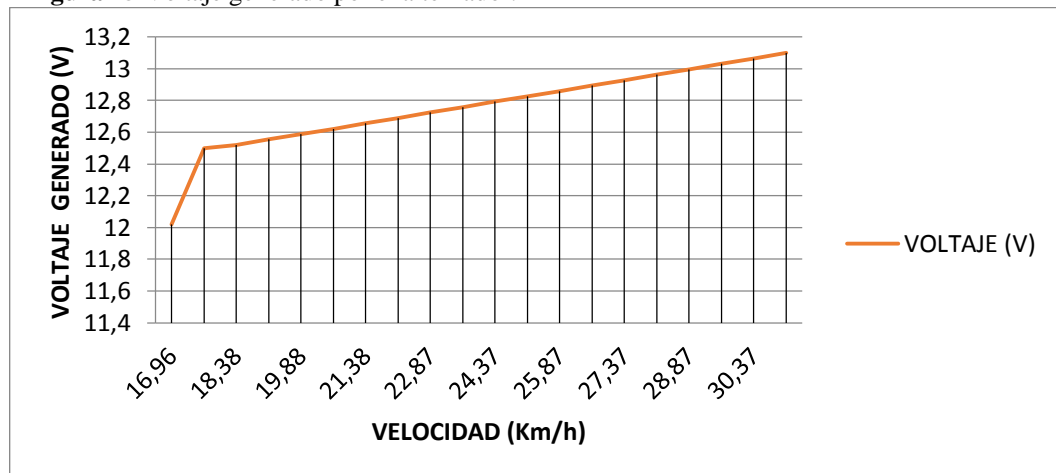
**Tabla 25** Mediciones tomadas en la semana de pruebas (RPM y velocidades calculadas)

| ALTERNADOR (RPM) | LLANTA (RPM) | VELOCIDAD Km/h | CORRIENTE (A) | VOLTAJE (V) | POTENCIA GENERADA (W) |
|------------------|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|
| 1200             | 196          | 16,96          | 0,20          | 12,02       | 2,4                   |
| 1260             | 205          | 17,81          | 0,40          | 12,5        | 5,0                   |
| 1300             | 212          | 18,38          | 0,45          | 12,52       | 5,6                   |
| 1353             | 221          | 19,13          | 0,49          | 12,55       | 6,2                   |
| 1406             | 229          | 19,88          | 0,54          | 12,59       | 6,8                   |
| 1459             | 238          | 20,63          | 0,58          | 12,62       | 7,3                   |
| 1512             | 247          | 21,38          | 0,63          | 12,66       | 7,9                   |
| 1565             | 255          | 22,12          | 0,67          | 12,69       | 8,5                   |
| 1618             | 264          | 22,87          | 0,71          | 12,72       | 9,1                   |
| 1671             | 272          | 23,62          | 0,76          | 12,76       | 9,7                   |
| 1724             | 281          | 24,37          | 0,80          | 12,79       | 10,3                  |
| 1777             | 290          | 25,12          | 0,85          | 12,83       | 10,9                  |
| 1830             | 298          | 25,87          | 0,89          | 12,86       | 11,4                  |
| 1883             | 307          | 26,62          | 0,93          | 12,89       | 12,0                  |
| 1936             | 316          | 27,37          | 0,98          | 12,93       | 12,6                  |
| 1989             | 324          | 28,12          | 1,02          | 12,96       | 13,2                  |
| 2042             | 333          | 28,87          | 1,07          | 13,00       | 13,9                  |
| 2095             | 342          | 29,62          | 1,11          | 13,03       | 14,5                  |
| 2148             | 350          | 30,37          | 1,15          | 13,06       | 15,1                  |
| 2215             | 361          | 31,31          | 1,21          | 13,10       | 15,9                  |

Realizada por: Los Autores.

Las figuras 15 y 16 muestran la relación que se establece entre voltaje, corriente y la velocidad calculada en función de las RPM medidas en el eje del alternador.

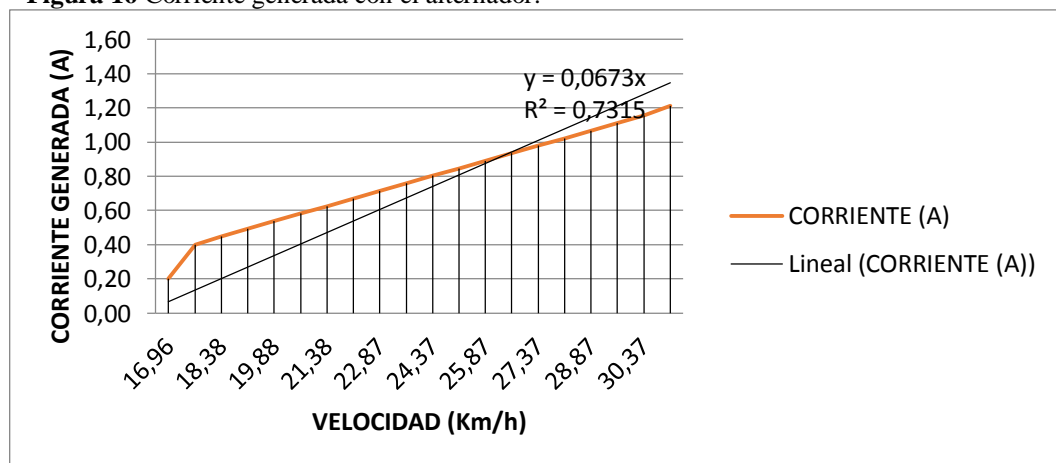
**Figura 15** Voltaje generado por el alternador.



**Realizado por:** Los Autores.

Se determina que el aumento de velocidad en la rueda de la bicicleta estática favorece a la generación eléctrica del alternador. Además se estableció el porcentaje de generación del alternador que es de 2,29% a 2215 RPM en el eje del alternador y su relación de 361 RPM en la llanta de la bicicleta, a una velocidad de 31,31 km/h de los cuales se obtuvo una corriente de 1,21A, y un voltaje de 13,10 V estableciendo de esta manera una potencia de 15,9 w del total que puede generar que es 694 w.

**Figura 16** Corriente generada con el alternador.



**Realizado por:** Los Autores.

Para la determinación de la potencia y energía promedio generada en un día se aplicó la ecuación 14, empleada para determinar la potencia del alternador y posteriormente se calcula la energía generada en un tiempo de 3 horas y 18 minutos que es el promedio de uso típico de una bicicleta estática en el gimnasio, obteniendo de esta manera la tabla 26, que muestra los valores de corriente, potencia y energía generada con las velocidades calculadas en función de las RPM tomadas en el eje del alternador.

**Tabla 26** Potencia, corriente y energía generadas durante las pruebas en 3 horas y 18 minutos.

| VELOCIDAD Km/h | POTENCIA (W) | ENERGIA (Wh) | CORRIENTE (Ah) |
|----------------|--------------|--------------|----------------|
| 16,96          | 2,4          | 10,10        | 0,84           |
| 17,81          | 5,0          | 21,00        | 1,68           |
| 18,38          | 5,6          | 23,66        | 1,89           |
| 19,13          | 6,2          | 26,05        | 2,07           |
| 19,88          | 6,8          | 28,44        | 2,26           |
| 20,63          | 7,3          | 30,85        | 2,44           |
| 21,38          | 7,9          | 33,28        | 2,63           |
| 22,12          | 8,5          | 35,71        | 2,81           |
| 22,87          | 9,1          | 38,16        | 3,00           |
| 23,62          | 9,7          | 40,62        | 3,18           |
| 24,37          | 10,3         | 43,09        | 3,37           |
| 25,12          | 10,9         | 45,57        | 3,55           |
| 25,87          | 11,4         | 48,07        | 3,74           |
| 26,62          | 12,0         | 50,58        | 3,92           |
| 27,37          | 12,6         | 53,10        | 4,11           |
| 28,12          | 13,2         | 55,64        | 4,29           |
| 28,87          | 13,9         | 58,19        | 4,48           |
| 29,62          | 14,5         | 60,75        | 4,66           |
| 30,37          | 15,1         | 63,32        | 4,85           |
| 31,31          | 15,9         | 66,57        | 5,08           |

Realizada por: Los Autores.

Ahora se calculara el tiempo que cubre la energía generada durante el periodo de pruebas multiplicada por el tiempo de uso promedio de las bicicletas estáticas que es de 3 horas y 18 minutos o 3,3 horas. La tabla 27 muestra el tiempo que alimentaria la carga con la energía almacenada en la batería durante las pruebas sin modificaciones en el eje del alternador.

**Tabla 27** Tiempo que abastece la carga por el generador durante horas pico.

| ENERGIA GENERADA EN 4 HORAS Y 12 MINUTOS (Wh) | TIEMPO (h) | TIEMPO (MIN)   |
|---|------------|----------------|
| 10,10   | 0,004      | 0 min ; 15 seg |
| 21,00   | 0,008      | 0 min ; 30 seg |
| 23,66   | 0,009      | 0 min ; 34 seg |
| 26,05   | 0,010      | 0 min ; 38 seg |
| 28,44   | 0,011      | 0 min ; 41 seg |
| 30,85   | 0,012      | 0 min ; 44 seg |
| 33,28   | 0,013      | 0 min ; 48 seg |
| 35,71   | 0,014      | 0 min ; 51 seg |
| 38,16   | 0,015      | 0 min ; 55 seg |
| 40,62   | 0,016      | 0 min ; 58 seg |
| 43,09   | 0,017      | 1 min ; 02 seg |

|              |       |                |
|--------------|-------|----------------|
| <b>45,57</b> | 0,018 | 1 min ; 06 seg |
| <b>48,07</b> | 0,019 | 1 min ; 09 seg |
| <b>50,58</b> | 0,020 | 1 min ; 13 seg |
| <b>53,10</b> | 0,021 | 1 min ; 16 seg |
| <b>55,64</b> | 0,022 | 1 min ; 20 seg |
| <b>58,19</b> | 0,023 | 1 min ; 24 seg |
| <b>60,75</b> | 0,024 | 1 min ; 27 seg |
| <b>63,32</b> | 0,025 | 1 min ; 31 seg |
| <b>66,57</b> | 0,027 | 1 min ; 36 seg |

Realizada por: Los Autores.

Como la energía máxima del alternador trabajando en condiciones nominales es necesario calcular la velocidad y la RPM que necesita el alternador durante las 3 horas y 18 minutos (3,3 horas), por lo tanto si queremos incrementar generación del alternador es elevar la velocidad de pedaleo, es decir, que las personas que usan las bicicletas pedaleen más rápido para incrementar las RPM del alternador, o que más personas usen las bicicletas, pero como esto es imposible se propone reducir el diámetro del alternador para obtener más RPM en el eje del alternador con el mismo diámetro de llanta de la bicicleta y la misma velocidad de pedaleo calculado, o por otra parte se podría cambiar el tipo de luminarias y/o reducir el número de luminarias del establecimiento para que de esta manera disminuya la demanda y el consumo de energía.

A continuación se calcula las RPM y la velocidad que debería llevar la llanta de la bicicleta para que el alternador trabaje a su potencia nominal. Por lo tanto tomaremos los datos de un alternador nuevo similar al seleccionado para el sistema que necesita 7706 RPM para trabajar a potencia nominal.

Entonces si el alternador necesita 7706 RPM para generar la potencia nominal se aplica nuevamente la ecuación 14 con los mismos datos de la bicicleta estática;

Por lo tanto.

$$N_1 = \frac{7706 (RPM) * 0,075 (m)}{0,46 (m)}$$

$$N_1 = 1256,41 (RPM) \approx 1257 (RPM) \text{ en la llanta de la bicicleta.}$$

Ahora se establece la velocidad lineal para dichas revoluciones 1257 RPM, para lo cual usaremos la siguiente ecuación de la velocidad lineal con la aplicación de la ecuación 18.

$$v = \left( \frac{2 * \pi * 1257}{60} * 0,23 * \frac{3600}{1000} \right) \left[ \frac{km}{h} \right]$$

$$v = 109 \left[ \frac{km}{h} \right]$$

Como estos valores no son alcanzables para las personas que usan las bicicletas estáticas se propone una modificación en los elementos de la bicicleta estática mismos que quedarían de la siguiente manera, diámetro del alternador 2 cm, mientras que la llanta de la bicicleta conserva su diámetro normal con lo cual tenemos los siguientes valores de RPM y velocidad.

$$N_1 = \frac{7706 (RPM) * 0,02 (m)}{0,46 (m)}$$

$$N_1 = 335,04 (RPM) \approx 335 (RPM) \text{ en la llanta de la bicicleta.}$$

Ahora se establece la velocidad lineal para dichas revoluciones 335 RPM y aplicamos nuevamente la ecuación de velocidad lineal ecuación 18.

$$v = \left( \frac{2 * \pi * 335}{60} * 0,23 * \frac{3600}{1000} \right) \left[ \frac{km}{h} \right]$$

$$v = 29,5 \left[ \frac{km}{h} \right]$$

Que es el promedio de velocidad moderada para de un ciclista, y que se registraron en el gimnasio en los días de prueba que garantiza el funcionamiento nominal del alternador.

## **11.18. Análisis del sistema de generación.**

### **11.18.1. Descripción del sistema de generación por propulsión**

Una vez establecidos las características para el sistema de generación por propulsión humana se contempla el uso de 2 baterías de 316Ah de la marca ULTRACELL 316 Ah, una autonomía de 1 día, mientras que el alternador debe ser de mayor potencia para reducir el tiempo de carga del sistema de acumulación que es de 3 horas y 43 minutos o también se podría instalar dos alternadores FORD 1G 12V 65A polea doble REMAN 7706 de misma capacidad reduciendo el tiempo de carga a la mitad, es decir, 1 hora y 52 minutos aproximadamente; sobrando de esta manera un tiempo de uso de las bicicletas estáticas de 1

hora y 27 minutos del total calculado que es de 3 horas y 18 minutos; el voltaje de operación será de 12 VCD y 120 VCA para la carga. El sistema contempla suministrar una energía media de 2,39 kWh y una demanda de 600 W.

El sistema de acumulación tendrá una corriente mínima de 341,93 Ah, que alimenta las cargas de iluminación del gimnasio POWER HOUSE GYM en las horas pico. Finalmente se dimensionará el resto de elementos eléctricos y electrónicos para el correcto funcionamiento como son regulador, inversores, protecciones, etc.

#### **11.18.2. Dimensionado del regulador de carga.**

Para determinar el tipo de regulador tomaremos en consideración la tensión nominal, intensidad nominal y la máxima tensión de entrada que deberá soportar nuestro regulador para garantizar continuidad del suministro de energía.

Entonces según el cálculo desarrollado anteriormente necesitamos un regulador de carga que cumpla con las siguientes características: voltaje 12 V e intensidad de 65 A, que es la corriente máxima del alternador; en función de eso se elige el regulador FORD SV1808RGR811, cuyas especificaciones técnicas constan en el anexo 4.

#### **11.18.3. Dimensionado del inversor**

Para la correcta selección del inversor debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos: El voltaje nominal de entrada: Se establece un voltaje de 12 VCD tanto para la generación, acumulación mientras que en las cargas el voltaje será de 120 VCA.

La potencia nominal del inversor: Está determinada por el cálculo de la demanda detallada en la tabla 22, en donde determino una potencia de 0,6 kW más una reserva para cargas bajas por tal motivo se elige un inversor de 1kW. El inversor elegido es el TW ZONHAN 1kW, dichas especificaciones constan en el anexo 7.

#### **11.18.4. Dimensionamiento de los conductores**

Para elegir los conductores se tomara en cuenta las normas establecidas dentro del sector eléctrico y los parámetros básicos que son máxima caída de voltaje, corriente de cortocircuito y la corriente que va a conducir hacia la carga. En la tabla 28. Podemos apreciar los valores de máximas caídas de voltaje permitidos en el Ecuador.

**Tabla 28** Valores normalizados permitidos de caída de tensión en Ecuador.

| Sector           |     |
|------------------|-----|
| Rural            | 5 % |
| Urbano           | 3 % |
| Nivel de tensión |     |
| Media tensión    | 2 % |
| Baja tensión     | 3 % |

Realizado por: Los autores

A continuación, calculares los conductores que serán empleados en el sistema de generación eléctrico por propulsión humana, cuyos cálculos podemos apreciarlos en la tabla 29.

**Tabla 29** Calculo de los conductores para el sistema de generación.

| COMPUTO CAIDA DE TENSION |       |                          |           |         |          |         |             |                           |                    |       |
|--------------------------|-------|--------------------------|-----------|---------|----------|---------|-------------|---------------------------|--------------------|-------|
| PROYECTO:                |       | GIMNASIO POWER HOUSE GYM |           |         |          |         |             |                           |                    |       |
| FECHA:                   |       | 01/06/2019               |           |         |          |         |             |                           |                    |       |
| DESCRIPCION              | DATOS |                          |           |         | CALCULOS |         | CONDUCTOR   |                           | % CAIDA DE TENSION |       |
|                          | FASE  | POTENCIA                 | TENSION   | LONG. m | INTENS.  | I. ADM. | CALIBRE mm2 | CALIBRE AWG               | PARCIAL            | TOTAL |
| ALTERNADOR - REGULADOR   | 1     | 600                      | 12        | 0,5     | 57,21    | 80      | 25          | 3x4 AWG (PVC 450/750 V)   | 0,36               |       |
| REGULADOR - BATERIAS     | 1     | 600                      | 12        | 0,5     | 57,21    | 80      | 25          | 3x4 AWG (XLPE 450/750 V)  | 0,34               | 0,70  |
| REGULADOR - INVERSOR     | 1     | 600                      | 12        | 0,5     | 57,21    | 80      | 25          | 3x4 AWG (XLPE 450/750 V)  | 0,35               | 1,05  |
| INVERSOR - TD1           | 1     | 300                      | 120       | 12      | 2,86     | 45      | 6           | 3x10 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,16               | 1,21  |
| INVERSOR - TD2           | 1     | 300                      | 120       | 8       | 2,86     | 45      | 6           | 3x10 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,11               | 1,32  |
| DERIV. TD-1 ILUM         | 1     | 208                      | 120       | 20      | 1,92     | 30      | 2,08        | 3x14 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,54               | 1,85  |
| DERIV. TD-2 ILUM         | 1     | 84                       | 120       | 18      | 0,78     | 30      | 2,08        | 3x14 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,20               | 1,51  |
| DERIV. TD-3 ILUM         | 1     | 156                      | 120       | 20      | 1,44     | 30      | 2,08        | 3x14 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,40               | 1,72  |
| DERIV. TD-4 ILUM         | 1     | 63                       | 120       | 18      | 0,58     | 30      | 2,08        | 3x14 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,15               | 1,46  |
| DERIV. TD-5 BAÑOS        | 1     | 14                       | 120       | 20      | 0,13     | 30      | 2,08        | 3x14 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,04               | 1,35  |
| DERIV. TD-6 TOMAS GEN    | 1     | 500                      | 120       | 15      | 4,77     | 40      | 3,31        | 3x12 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,61               | 1,93  |
| DERIV. TD-7 TOMAS GEN    | 1     | 500                      | 120       | 12      | 4,77     | 40      | 3,31        | 3x12 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,49               | 1,81  |
| <b>POTENCIA TOTAL KW</b> |       | <b>1525</b>              | <b>KW</b> |         |          |         |             |                           |                    |       |
| DERIV. TD-1 CAMINADORA 1 | 1     | 3600                     | 220       | 10      | 20,51    | 40      | 3,31        | 3x12 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,93               |       |
| DERIV. TD-1 CAMINADORA 2 | 1     | 3600                     | 220       | 1       | 20,51    | 40      | 3,31        | 3x12 AWG (XLPE 450/750 V) | 0,09               | 1,02  |
| <b>POTENCIA TOTAL KW</b> |       | <b>7200</b>              | <b>KW</b> |         |          |         |             |                           |                    |       |

Realizado por: Los autores

### 11.18.5. Determinación De Las Protecciones

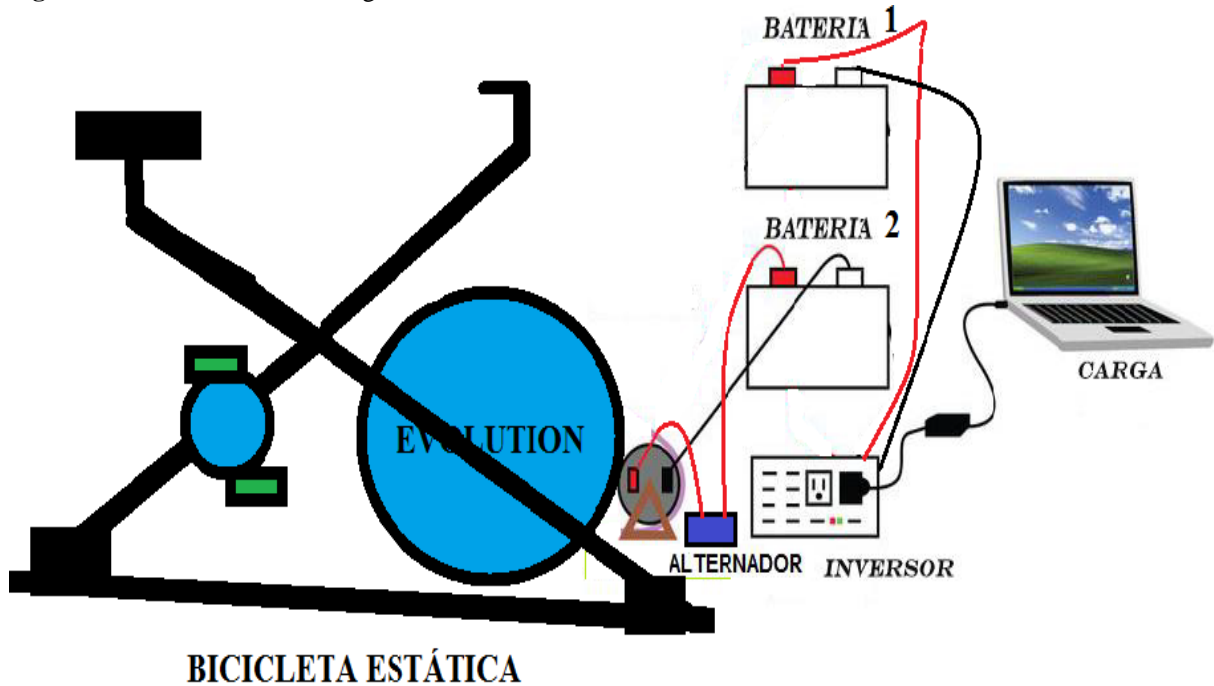
Las protecciones del sistema de generación por propulsión humana se detallan en los planos correspondientes que podemos apreciar en el anexo 8. Que muestra el diagrama unifilar del sistema.



### 11.18.6. Esquema de conexión del sistema

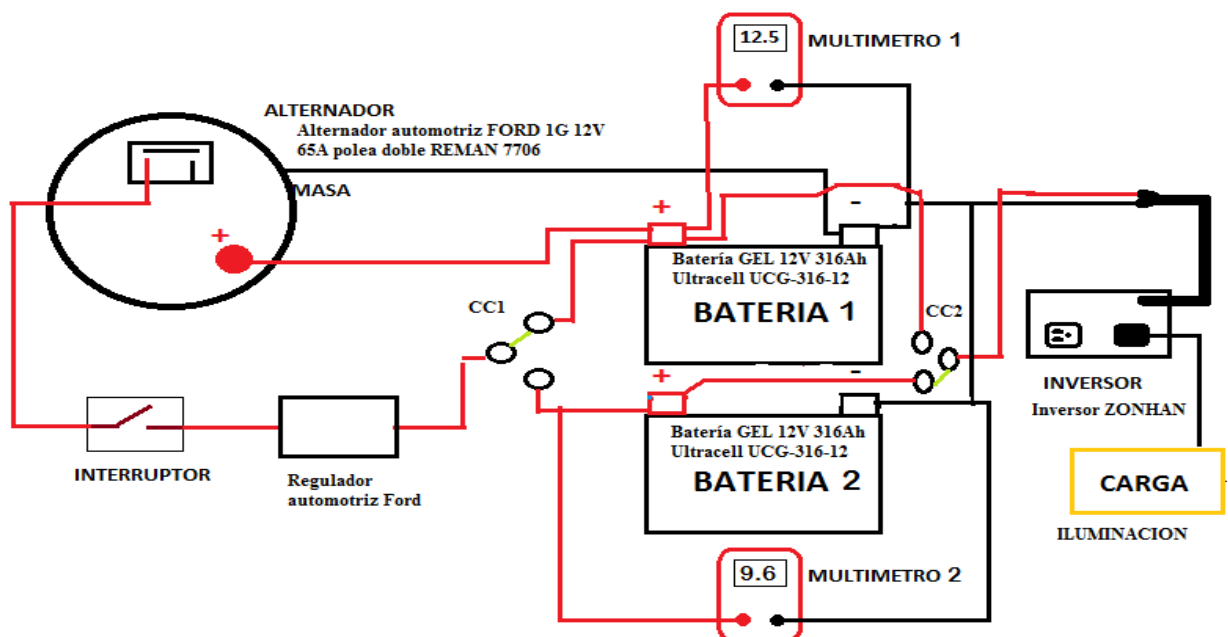
Las figuras 17 y 18 muestran los esquemas de conexión y general del sistema y sus elementos con la incorporación del BY PASS.

Figura 17 Conexión del sistema general



Realizada por: Los autores

Figura 18 Conexión del sistema.



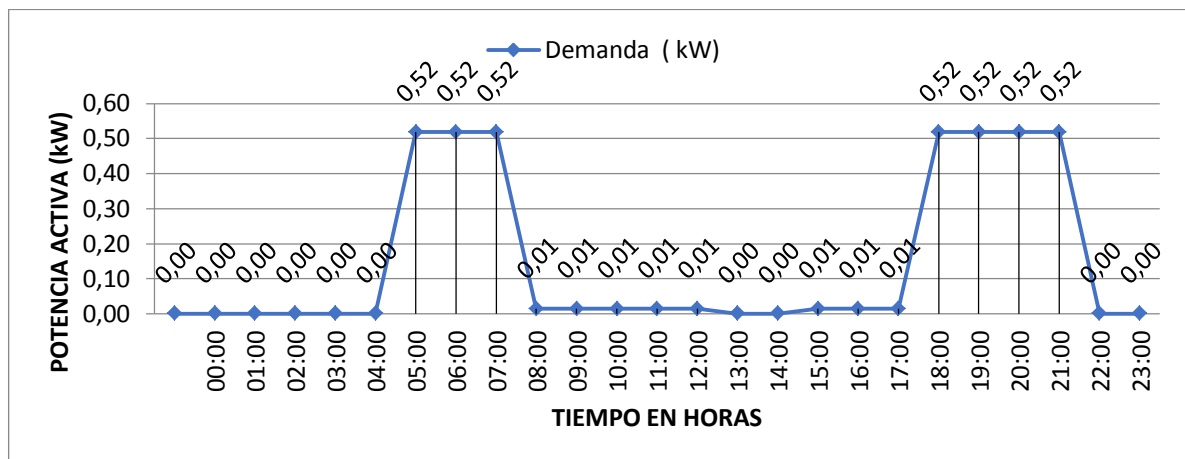
Realizada por: Los autores

## 11.18.7. Curvas del sistema de iluminación

### 11.18.7.1. Curva de carga

La figura 19 muestra la curva de demanda del sistema de iluminación del gimnasio POWER HOUSE GYM, que permite observar una demanda máxima de 0,52 kW mientras que la demanda base es de 0,01kW.

**Figura 19** Curva de demanda diaria del sistema de iluminación.

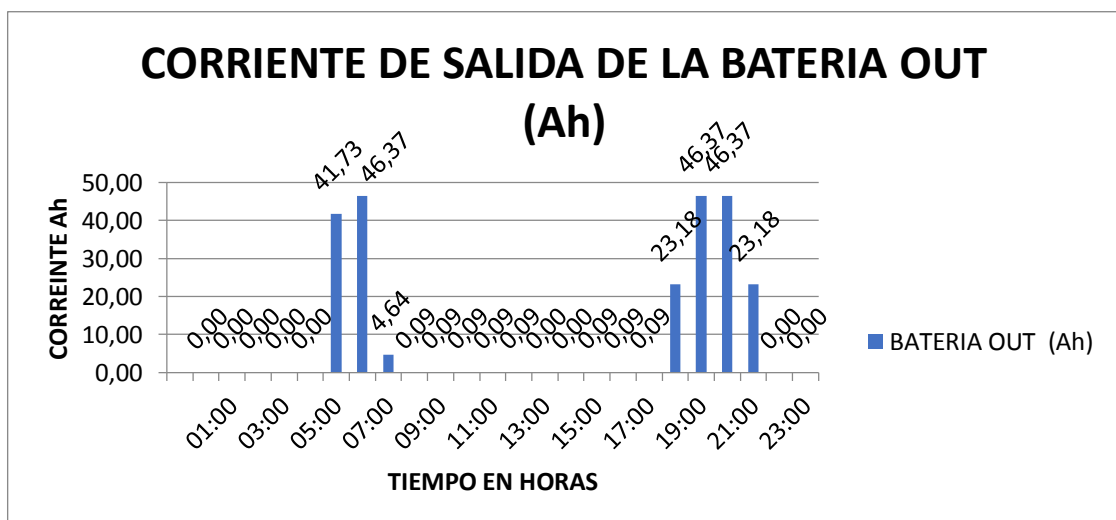


Realizada por: Los autores.

### 11.18.7.2. Corriente que suministra la batería a la carga

La figura 20 muestra la corriente que consume el sistema de iluminación del gimnasio POWER HOUSE GYM, que permite observar una corriente máxima de 46,37 A mientras que la corriente base es de 0,09 A.

**Figura 20** Corriente que suministra la batería a la carga.

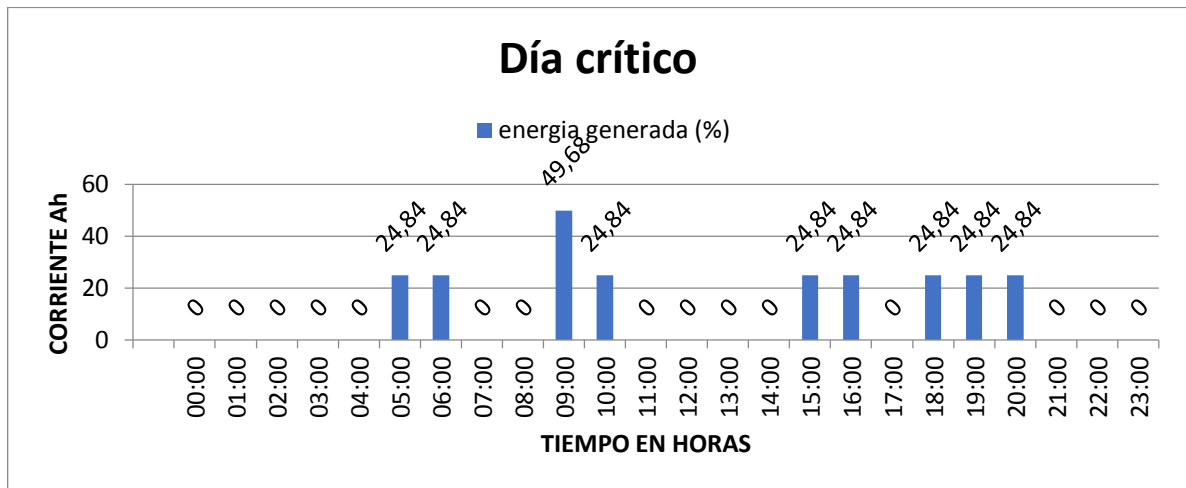


Realizada por: Los autores.

**11.18.7.3. Corriente generada por el alternador**

La figura 21 muestra la corriente generada por un alternador FORD SVD155 A7672 de 12 V y 90 A, con el tiempo establecido de 18 minutos por persona y con relación a la tabla 11 que muestra las personas que coincidieron en una hora determinada. De donde se establece una corriente máxima de 49,68 Ah que corresponde a 2 personas que coincidieron a las 09:00 am.

**Figura 21** Corriente generada por el alternador en el día crítico.

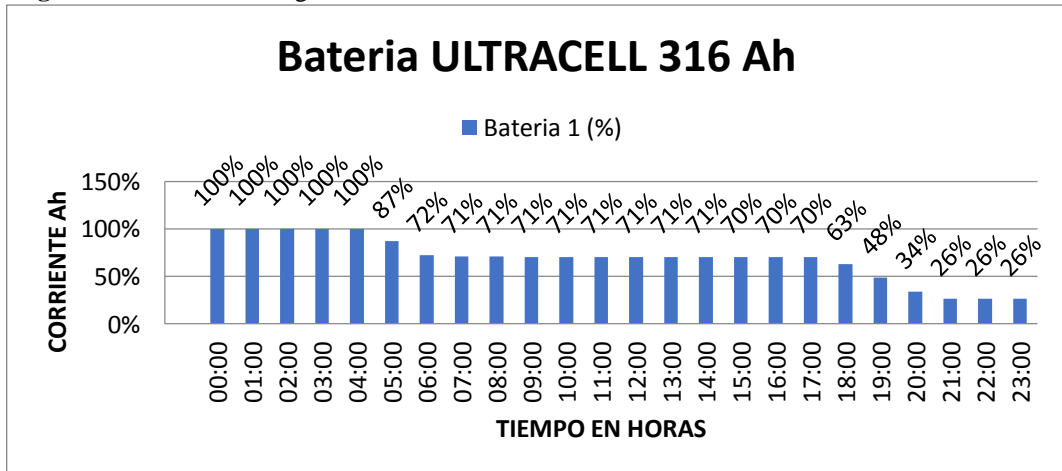


Realizada por: Los autores.

**11.18.7.4. Ciclo de acumulación y descarga de las baterías con BY PASS.**

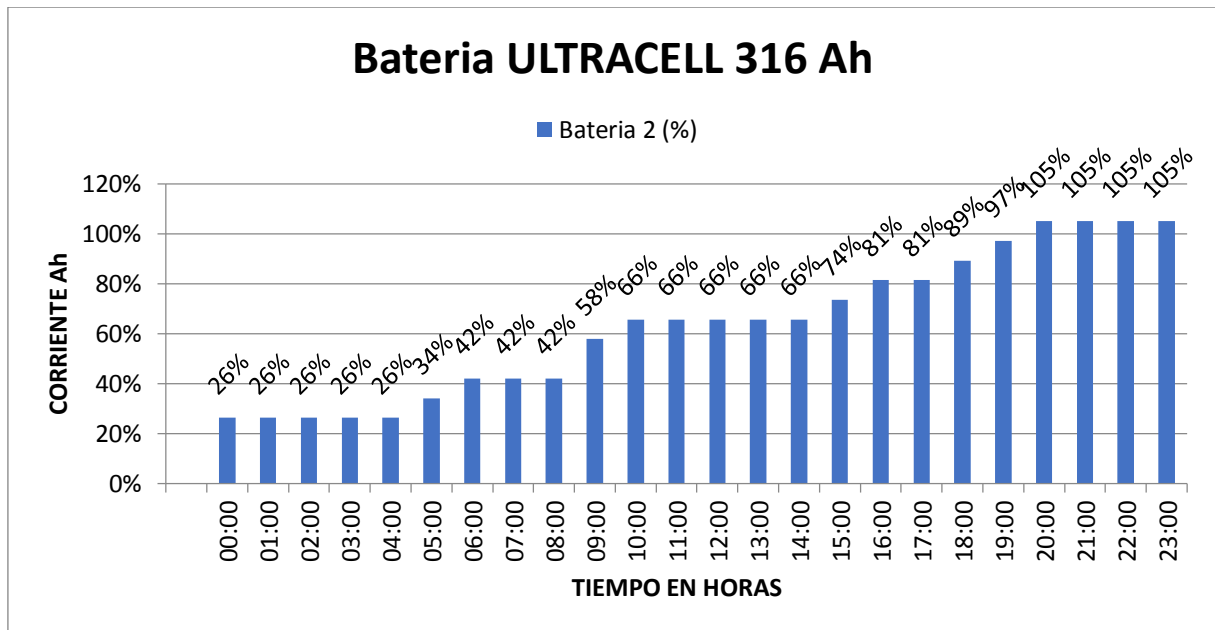
La figura 22 muestra los porcentajes descarga de la batería 1 que alimenta al sistema de iluminación mientras que la figura 23 permite apreciar los porcentajes de acumulación en la batería 2 misma que inicia en 26,4% de su capacidad nominal que es de 316 Ah. El ciclo de carga y descarga de las baterías están realizados en función al día crítico es decir el día jueves.

**Figura 22** Ciclo de descarga de la batería 1.



Realizada por: Los autores.

**Figura 23** Ciclo acumulación de la batería 2.



Realizada por: Los autores.

La tabla 30 muestra los valores y porcentaje en Ah del consumo de la carga, corriente de salida de la batería y los porcentajes de descarga de la batería 1 que alimenta al sistema de iluminación la energía generada por el alternador y almacenada en la batería 2 misma que inicia en 26,40% y llega al 100% a las 20:00.

**Tabla 30** Ciclo de almacenamiento y descarga de las baterías para el día crítico.

| DIA CRITICO |                |            |               |                  |               |                      |                |               |
|-------------|----------------|------------|---------------|------------------|---------------|----------------------|----------------|---------------|
| Hora        | Batería 1 (Ah) | CARGA (Ah) | PERDIDAS (Ah) | BATERIA OUT (Ah) | Batería 1 (%) | Energía generada (%) | Batería 2 (Ah) | Batería 2 (%) |
| 00:00       | 316,00         | 0,00       | 0,00          | 0,00             | 100%          | 0                    | 83,42          | 26%           |
| 01:00       | 316,00         | 0,00       | 0,00          | 0,00             | 100%          | 0                    | 83,42          | 26%           |
| 02:00       | 316,00         | 0,00       | 0,00          | 0,00             | 100%          | 0                    | 83,42          | 26%           |
| 03:00       | 316,00         | 0,00       | 0,00          | 0,00             | 100%          | 0                    | 83,42          | 26%           |
| 04:00       | 316,00         | 0,00       | 0,00          | 0,00             | 100%          | 0                    | 83,42          | 26%           |
| 05:00       | 274,27         | 38,85      | 2,88          | 41,73            | 87%           | 24,84                | 108,26         | 34%           |
| 06:00       | 227,90         | 43,17      | 3,20          | 46,37            | 72%           | 24,84                | 133,10         | 42%           |
| 07:00       | 223,27         | 4,32       | 0,32          | 4,64             | 71%           | 0                    | 133,10         | 42%           |
| 08:00       | 223,17         | 0,09       | 0,01          | 0,09             | 71%           | 0                    | 133,10         | 42%           |
| 09:00       | 223,08         | 0,09       | 0,01          | 0,09             | 71%           | 49,68                | 182,78         | 58%           |
| 10:00       | 222,99         | 0,09       | 0,01          | 0,09             | 71%           | 24,84                | 207,62         | 66%           |
| 11:00       | 222,89         | 0,09       | 0,01          | 0,09             | 71%           | 0                    | 207,62         | 66%           |
| 12:00       | 222,80         | 0,09       | 0,01          | 0,09             | 71%           | 0                    | 207,62         | 66%           |
| 13:00       | 222,80         | 0,00       | 0,00          | 0,00             | 71%           | 0                    | 207,62         | 66%           |

|       |        |       |      |       |     |       |        |      |
|-------|--------|-------|------|-------|-----|-------|--------|------|
| 14:00 | 222,80 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 71% | 0     | 207,62 | 66%  |
| 15:00 | 222,70 | 0,09  | 0,01 | 0,09  | 70% | 24,84 | 232,46 | 74%  |
| 16:00 | 222,61 | 0,09  | 0,01 | 0,09  | 70% | 24,84 | 257,30 | 81%  |
| 17:00 | 222,52 | 0,09  | 0,01 | 0,09  | 70% | 0     | 257,30 | 81%  |
| 18:00 | 199,33 | 21,58 | 1,60 | 23,18 | 63% | 24,84 | 282,14 | 89%  |
| 19:00 | 152,97 | 43,17 | 3,20 | 46,37 | 48% | 24,84 | 306,98 | 97%  |
| 20:00 | 106,60 | 43,17 | 3,20 | 46,37 | 34% | 24,84 | 331,82 | 105% |
| 21:00 | 83,42  | 21,58 | 1,60 | 23,18 | 26% | 0     | 331,82 | 105% |
| 22:00 | 83,42  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 26% | 0     | 331,82 | 105% |
| 23:00 | 83,42  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 26% | 0     | 331,82 | 105% |

Realizada por: Los autores

### 11.19. Nivel de iluminación del gimnasio.

El sistema de iluminación del gimnasio consta con un total de 14 lámparas tipo led de 2x13W, 22 luminarias led tipo campana de 7 W de los cuales 2 pertenecen a los baños. El nivel de iluminación recomendado para gimnasios se puede apreciar en la tabla 30.

La iluminación del sistema se modela en el software Dialux Evo8.1., para comprobar que los niveles de iluminación sean los más apropiados.

**Tabla 31** Niveles de iluminación recomendados.

| Lugar de trabajo                                   | Niveles recomendados |
|--|----------------------|
| Alumbrado General en aulas:                        | 350 a 1000 lux.      |
| Alumbrado General en aulas de plástica y técnicas: | 500 a 1000 lux.      |
| Gimnasios:   | 250 a 500 lux.       |
| Laboratorios:                                      | 250 a 1000 lux.      |
| Pizarras:  | 300 a 700 lux.       |
| Salas de conferencias:                             | 200 y 1000 lux.      |
| Zonas de paso:                                     | 150 y 700 lux.       |
| Vestuarios, lavabos:                               | 50 y 300 lux.        |
| Bibliotecas y salas de estudio:                    | 300 y 750 lux.       |

Realizada por: Los autores

A continuación la figura 24, muestra la modelación en el Software Dialux Evo 8.1., del sistema de iluminación del gimnasio POWER HOUSE GYM, con las luminarias instaladas en el establecimiento.

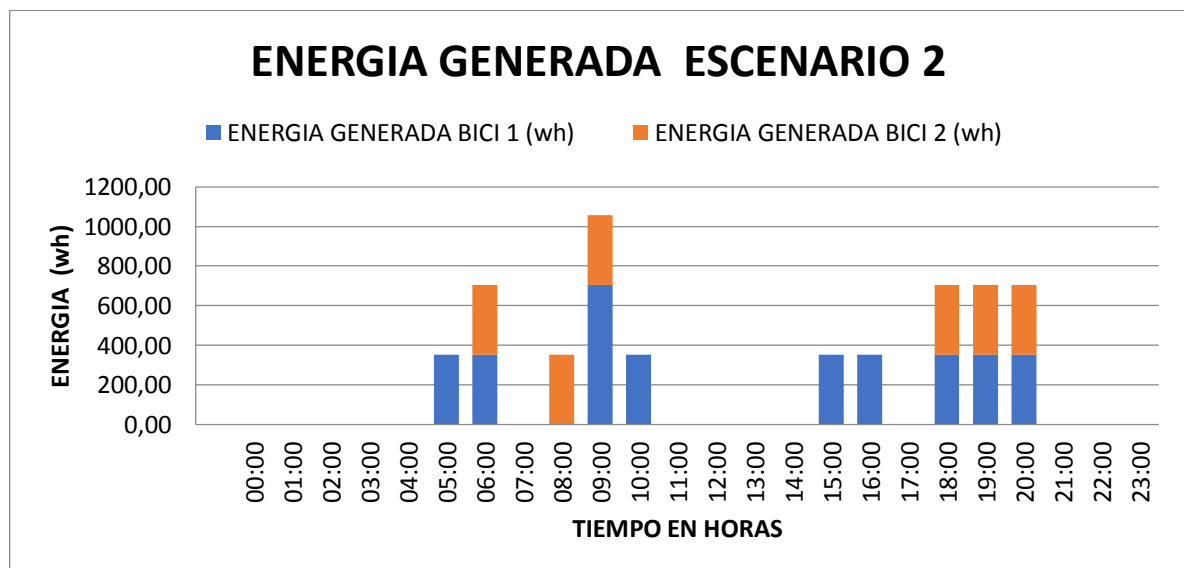


Tabla 32 Resultados de generación con dos bicicletas estáticas.

| Hora  | PERSONAS BICICLETA |        | ENERGIA GENERADA |             | ENERGIA GENERADA |        | ENERGIA GENERADA TOTAL |       | ILUMINACION |
|-------|--------------------|--------|------------------|-------------|------------------|--------|------------------------|-------|-------------|
|       | BICI 1             | BICI 2 | BICI 1 (wh)      | BICI 1 (Ah) | BICI 2 (wh)      | 2 (Ah) | (wh)                   | (Ah)  | (wh)        |
| 00:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 01:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 02:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 03:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 04:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 05:00 | 1                  | 0      | 352,17           | 29,35       | 0,00             | 0,00   | 352,17                 | 29,35 | 466,20      |
| 06:00 | 1                  | 1      | 352,17           | 29,35       | 352,17           | 29,35  | 704,35                 | 58,70 | 518,00      |
| 07:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 51,80       |
| 08:00 | 0                  | 1      | 0,00             | 0,00        | 352,17           | 29,35  | 352,17                 | 29,35 | 1,05        |
| 09:00 | 2                  | 1      | 704,35           | 58,70       | 352,17           | 29,35  | 1056,52                | 88,04 | 1,05        |
| 10:00 | 1                  | 0      | 352,17           | 29,35       | 0,00             | 0,00   | 352,17                 | 29,35 | 1,05        |
| 11:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 1,05        |
| 12:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 1,05        |
| 13:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 14:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 15:00 | 1                  | 0      | 352,17           | 29,35       | 0,00             | 0,00   | 352,17                 | 29,35 | 1,05        |
| 16:00 | 1                  | 0      | 352,17           | 29,35       | 0,00             | 0,00   | 352,17                 | 29,35 | 1,05        |
| 17:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 1,05        |
| 18:00 | 1                  | 1      | 352,17           | 29,35       | 352,17           | 29,35  | 704,35                 | 58,70 | 259,00      |
| 19:00 | 1                  | 1      | 352,17           | 29,35       | 352,17           | 29,35  | 704,35                 | 58,70 | 518,00      |
| 20:00 | 1                  | 1      | 352,17           | 29,35       | 352,17           | 29,35  | 704,35                 | 58,70 | 518,00      |
| 21:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 259,00      |
| 22:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |
| 23:00 | 0                  | 0      | 0,00             | 0,00        | 0,00             | 0,00   | 0,00                   | 0,00  | 0,00        |

Realizado por: Los autores

Figura 25 Energía generada escenario 2.



Realizado por: Los autores

La figura 25 muestra la posible generación que se obtendría con la instalación de dos generadores por propulsión humana en el gimnasio POWER HOUSE GYM, en donde la energía máxima genera sería de 469,57 Ah que sería igual 5634,78 Wh. Se estable una energía adicional de 221,17 en relación a la propuesta inicial. Con esta energía se podría adicional la carga del equipo de sonido que consume 270Ah al día.

La tabla 33 muestra la inversión al segundo escenario que es de \$ 3.043,82, además se establece un ahorro de energía anual de 713 kWh/año.

**Tabla 33** Inversión al escenario 2.

| <b>INVERSION DEL PROYECTO</b>               |   |               |                          |                    |                          |
|---|---|---------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| <b>Ítem</b>                                 | <b>Descripción</b>  | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>          | <b>Precio (\$)</b> | <b>Precio total (\$)</b> |
| 1   | Alternador automotriz FORD 1G 12V 90 A polea doble REMAN 7706 | U             | 2                        | \$ 130,00          | \$ 260,00                |
| 2   | Batería GEL 12V 316Ah Ultracell UCG-316-12                    | U             | 2                        | \$ 600,00          | \$ 1.200,00              |
| 3   | Regulador automotriz Ford                                     | U             | 2                        | \$ 12,00           | \$ 24,00                 |
| 4   | Inversor ZONHAN   | U             | 1                        | \$ 300,00          | \$ 300,00                |
| 5   | Bicicleta estática  | U             | 0                        | \$ 400,00          | \$ -                     |
| 6   | Cable Superflex 3x4   | M             | 4                        | \$ 3,90            | \$ 15,60                 |
| 7   | Cable Superflex 3x8   | M             | 30                       | \$ 2,80            | \$ 84,00                 |
| 8   | Cable Superflex 3x12  | M             | 16                       | \$ 1,85            | \$ 29,60                 |
| 9   | Fusible y cartucho 160 A                                      | U             | 3                        | \$ 12,50           | \$ 37,50                 |
| 10  | Caja térmica y Breaker 50A                                    | U             | 1                        | \$ 37,00           | \$ 37,00                 |
| 11  | Accesorios ( canaleta terminales y otros )                    | GLB           | 1                        | \$ 80,00           | \$ 80,00                 |
| 12  | Sistema BY PASS baterías                                      | GLB           | 1                        | \$ 200,00          | \$ 200,00                |
| <b>DETALLE DE LA INVERSION DEL PROYECTO</b> |   |               | <b>subtotal material</b> |                    | \$ 2.267,70              |
|   |   |               | <b>mano de obra</b>      |                    | \$ 450,00                |
|   |   |               | <b>IVA</b>               |                    | \$ 326,12                |
|   |   |               | <b>Total</b>             |                    | \$ 3.043,82              |

Realizado por: Los autores

### 11.20.2. Tercer escenario

Se plantea la instalación del sistema de generación por propulsión humana para el grupo de 8 bicicletas estáticas, se mantiene los datos y mediadas tomadas anteriormente obteniendo los siguientes resultados. Para el análisis se toman las personas que usaron la bicicleta estática de



prueba misma que obtuvo 10 personas y que corresponde al día crítico (jueves); con el mismo tiempo de uso promedio de 18 minutos o 0,3 horas.

La tabla 34 muestra los resultados obtenidos con la posible instalación del sistema en 8 bicicletas estáticas.

**Tabla 34** Resultados de generación con todo el grupo de bicicletas estáticas.

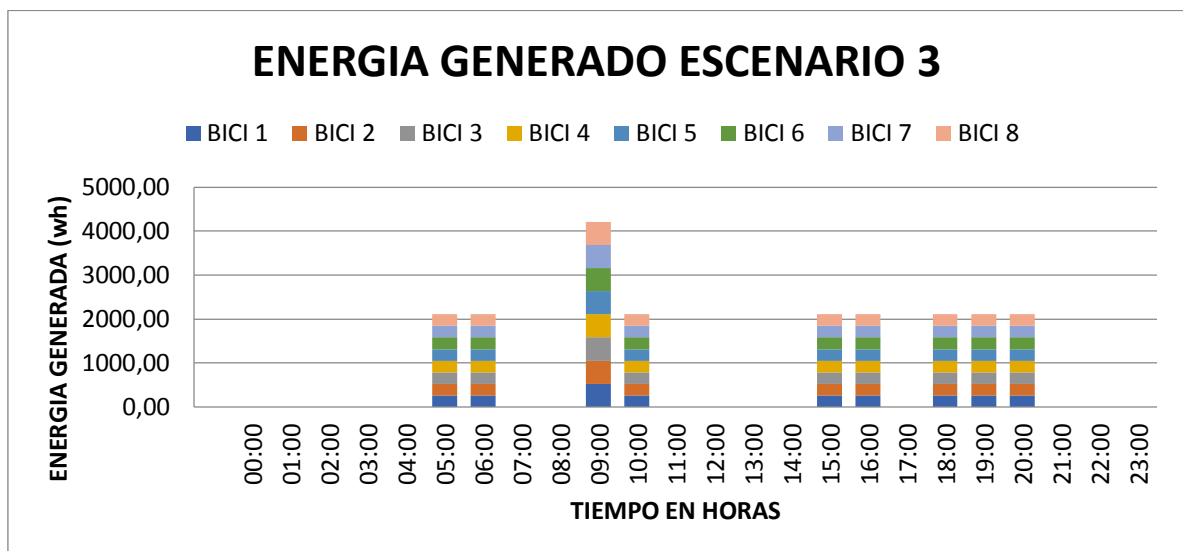
| ENERGIA TOTAL GENERADA (kWh) |         |         |          |
|------------------------------|---------|---------|----------|
| Diaria                       | Semanal | Mensual | Anual    |
| 28,17                        | 140,87  | 3099,13 | 37189,57 |

**Realizado por:** Los autores

La figura 26 muestra la posible generación que se obtendría con la instalación de los 8 generadores por propulsión humana en el gimnasio POWER HOUSE GYM, en donde la energía máxima genera sería de 2348Ah/día, que sería igual 28,17 kWh/día. Se estable una energía adicional de 2115 Ah en relación a la propuesta inicial. Con esta energía se podría adicional la carga una carga constante de 1kW durante todo el día.

La implementación de este escenario garantizaría una excelente generación, pero se necesitaría de más personas que usen las bicicletas por lo tanto, para que sea viable se debería motivar a más personas para que utilicen las bicicletas estáticas en el gimnasio y así poder cubrir una carga mayor.

**Figura 26** Energía generada por las 8 bicicletas del gimnasio.



**Realizado por:** Los autores

La tabla 35 muestra la inversión al primer escenario que es de \$ 4.579,01, además se establece el mismo ahorro de energía anual de 713 kWh/año.

**Tabla 35** Inversión al escenario 3.

| <b>INVERSION DEL PROYECTO</b>               |   |               |                          |                   |                          |
|---|---|---------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| <b>Ítem</b>                                 | <b>Descripción</b>  | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>          | <b>Precio(\$)</b> | <b>Precio total (\$)</b> |
| 1   | Alternador automotriz FORD 1G 12V 90 A polea doble REMAN 7706 | U             | 8                        | \$ 30,00          | \$ 1.040,00              |
| 2   | Batería GEL 12V 316Ah Ultracell UCG-316-12                    | U             | 2                        | \$ 600,00         | \$ 1.200,00              |
| 3   | Regulador automotriz Ford                                     | U             | 8                        | \$ 12,00          | \$ 96,00                 |
| 4   | Inversor ZONHAN   | U             | 1                        | \$ 300,00         | \$ 300,00                |
| 5   | Bicicleta estática  | U             | 0                        | \$ 400,00         | \$ -                     |
| 6   | Cable Superflex 3x4   | M             | 16                       | \$ 3,90           | \$ 62,40                 |
| 7   | Cable Superflex 3x8   | M             | 50                       | \$ 2,80           | \$ 140,00                |
| 8   | Cable Superflex 3x12  | M             | 30                       | \$ 1,85           | \$ 55,50                 |
| 9   | Fusible y cartucho 160 A                                      | U             | 3                        | \$ 12,50          | \$ 37,50                 |
| 10  | Caja térmica y Breaker 50A                                    | U             | 1                        | \$ 37,00          | \$ 37,00                 |
| 11  | Accesorios ( canaleta terminales y otros )                    | GLB           | 1                        | \$ 120,00         | \$ 120,00                |
| 12  | Sistema BY PASS baterías                                      | GLB           | 1                        | \$ 300,00         | \$ 300,00                |
| <b>DETALLE DE LA INVERSION DEL PROYECTO</b> |   |               | <b>subtotal material</b> |                   | \$ 3.388,40              |
|   |   |               | <b>mano de obra</b>      |                   | \$ 700,00                |
|   |   |               | <b>IVA</b>               |                   | \$ 490,61                |
|   |   |               | <b>Total</b>             |                   | \$ 4.579,01              |

Realizado por: Los autores

## 12. IMPACTOS (TECNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)

El presente proyecto tiene como finalidad contribuir al uso de energías limpias y renovables, motivar al usuario para que genere su propia energía eléctrica, buscar alternativas que ayuden a reducir el uso de combustibles fósiles que contaminan el medio ambiente y por otro lado está la reducción de la planilla eléctrica en lugares como gimnasios que tiene bicicletas estáticas y que con la incorporación de este tipo de tecnologías pueden generar su propia energía para cubrir sus necesidades energéticas de forma total o parcial. De esta manera podemos citar algunos beneficios que conllevan el uso e implementación de este tipo de sistemas de generación eléctrica mediante propulsión humana.

- Contribuye al cambio de la matriz energética del Ecuador.
- Ayuda en la conservación del medio ambiente ya este tipo de energía eléctrica por propulsión humana es renovable.

- Incrementa la seguridad y confiabilidad de un sistema eléctrico de un pequeño establecimiento.
- Contribuye en la reducción de la planilla eléctrica del usuario.
- Busca eliminar la dependencia de las distribuidoras y/o comercializadoras de energía eléctrica, ya que el usuario que implemente este tipo de tecnologías podría cubrir la totalidad de su demanda de energía eléctrica.

### **12.1. Impacto económico.**

El proyecto se desarrolló con la finalidad de aprovechar el uso de las bicicletas estáticas que son utilizadas a diario en el gimnasio POWER HOUSE GYM; reducir el valor de la planilla de luz eléctrica que paga el Sr. Marco Aníbal Toscano Ariza propietario del establecimiento, motivar a personas o grupos que realizan actividades cardiovasculares con bicicletas estáticas en sus residencias y deseen contribuir con el cuidado del medio ambiente; y por último aportar con el desarrollo y uso de energías limpias y renovables influyendo en la reducción de los costos de producción de este tipo de tecnologías, es decir, reducir el costo de inversión de este tipo de generadores eléctricos que son amigables con el medio ambiente.

El costo de inversión total del proyecto asciende a \$ 2.267,33 dólares americanos sin incluir la compra de la bicicleta estática que después de realizar el análisis técnico-económico se tiene estimada la recuperación total de la inversión en 17 años a precio del kWh normal que es de \$ 0,103; tomando en cuenta la vida útil de los equipos del sistema de generación eléctrica por propulsión humana que es de 15 años y un uso mensual de 22 días el proyecto no sería factible. Por lo tanto se estima el precio del kWh a 38 para que el proyecto sea viable.

## **13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

Para el análisis técnico - económico se tomara en consideración los aspectos y especificaciones técnicas calculadas en el dimensionamiento del sistema eléctrico por propulsión humana realizada en este trabajo, mientras que para la parte económica se tomara en cuenta la vida útil de los equipos que se emplearan en el sistema eléctrico de generación.

### **13.1. Detalle de inversión del proyecto**

La tabla 36 muestra los equipos y materiales empleados para realizar el proyecto de generación eléctrica por propulsión humana que cumple con todos los requerimientos técnicos necesarios.

Tabla 36 Presupuesto del sistema.

| INVERSION DEL PROYECTO               |  |        |                   |             |                   |
|--------------------------------------|--|--------|-------------------|-------------|-------------------|
| Ítem                                 | Descripción  | Unidad | Cantidad          | Precio (\$) | Precio total (\$) |
| 1                                    | Alternador automotriz FORD 1G 12V 65A polea doble REMAN 7706 | U      | 2                 | \$ 80,00    | \$ 160,00         |
| 2                                    | Batería GEL 12V 316Ah Ultracell UCG-316-12                   | U      | 2                 | \$ 600,00   | \$ 1.200,00       |
| 3                                    | Regulador automotriz Ford                                    | U      | 1                 | \$ 12,00    | \$ 12,00          |
| 4                                    | Inversor ZONHAN  | U      | 1                 | \$ 100,00   | \$ 100,00         |
| 5                                    | Bicicleta estática   | U      | 0                 | \$ 400,00   | \$ -              |
| 6                                    | Cable Superflex 3x4  | M      | 2                 | \$ 3,90     | \$ 7,80           |
| 7                                    | Cable Superflex 3x8  | M      | 20                | \$ 2,80     | \$ 56,00          |
| 8                                    | Cable Superflex 3x12   | M      | 8                 | \$ 1,85     | \$ 14,80          |
| 9                                    | Fusible y cartucho 80 A                                      | U      | 3                 | \$ 5,60     | \$ 16,80          |
| 10                                   | Caja térmica y Breaker 50A                                   | U      | 1                 | \$ 37,00    | \$ 37,00          |
| 11                                   | Accesorios ( canaleta terminales y otros )                   | GLB    | 1                 | \$ 50,00    | \$ 50,00          |
| 12                                   | Sistema BY PASS baterías                                     | GLB    | 1                 | \$ 120,00   | \$ 120,00         |
| DETALLE DE LA INVERSION DEL PROYECTO |  |        | subtotal material |             | \$ 1.774,40       |
|                                      |  |        | mano de obra      |             | \$ 250,00         |
|                                      |  |        | IVA               |             | \$ 242,93         |
|                                      |  |        | Total             |             | \$ 2.267,33       |

Realizado por: Los autores

### 13.2. Análisis de la inversión y recuperación.

#### Análisis técnico-económico.

Para realizar el análisis técnico económico del presente proyecto se tomara en consideración el siguiente método de evaluación:

**VAN:** que representa el valor actual neto y que además es uno de los criterios económicos más empleado para la evaluación de proyectos de inversión mismo que permite conocer el flujo de efectivo y su respectiva equivalencia en el tiempo y compararlo con la inversión inicial. Para realizar este cálculo es importante conocer la tasa de descuento que en nuestro caso es determinado por el Banco Central del Ecuador y es el 4,56%; además debemos tomar en consideración las siguientes consideraciones:

- Si el VAN < 0: se rechaza el proyecto
- Si el VAN = 0: el proyecto es indiferente
- Si el VAN > 0: se acepta el proyecto.

TIR: conocida también como tasa interna de retorno, es otro indicador financiero que permite medir el rendimiento de los fondos de la inversión. Aquí debemos considerar que:

- Si la TIR < TMAR se rechaza el proyecto
- Si la TIR = TMAR el proyecto es indiferente
- Si la TIR > TMAR el proyecto se acepta.

TMAR: conocida también como tasa mínima atractiva de retorno y se calcula de la siguiente manera.

$$TMAR = \%pasivo + \%inflacion + \%premio\ al\ riesgo$$

$$TMAR = 3,8 \% + (-0,04\%) + 2\%$$

$$TMAR = 5,76\%$$

Para realizar la evaluación se necesitara datos referenciales del costo de la tarifa eléctrica para este tipo de tecnologías que es de \$ 0.103; y también el ahorro energético que tendremos con la implementación de este tipo de tecnología el cual es \$ 190 anuales, tomando en cuenta que se disminuye los recargos en cada planilla. Por lo tanto el precio del kWh representaría un valor de \$ 0,26; pero el tiempo de recuperación es de 17 años, por tal motivo proponemos el costo por kWh a 0,38 años con los cuales se reduce el tiempo de recuperación del proyecto y se tiene un mejor TIR. Con los datos de ingreso se obtuvo la tabla 37 que permite observar los resultados que comprueban la factibilidad técnica y económica para realizar este proyecto en el gimnasio POWER HOUSE GYM. Igualmente se puede establecer que es el proyecto es viable económicamente debido a que no se compraría ninguna bicicleta estática, además se puede mencionar que si se reduce la autonomía del sistema también haría viable la propuesta con la adquisición de una bicicleta estática.

**Tabla 37** Análisis del VAN y TIR.

| AÑO | PRECIO DE LA ENERGIA | AHORRO DE LA ENERGIA | BENEFICIO ANUAL BRUTO               | FLUJO DE CAJA | VAN    | SALDO    |
|-----|----------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------|--------|----------|
| N   | 0,38                 | KWh/AÑO              | INGRESO POR AHORRO DE ENERGIA<br>\$ | \$            | 4,56%  |          |
| 1   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 280,20 | -1987,13 |
| 2   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 267,98 | -1719,14 |
| 3   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 256,30 | -1462,85 |
| 4   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 245,12 | -1217,73 |
| 5   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 234,43 | -983,30  |
| 6   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 224,20 | -759,10  |
| 7   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 214,43 | -544,67  |
| 8   | 0,38                 | 771,00               | 292,98                              | 292,98        | 205,08 | -339,59  |

|                          |      |                |                |        |                   |          |
|--------------------------|------|----------------|----------------|--------|-------------------|----------|
| 9                        | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 196,13            | -143,46  |
| 10                       | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 187,58            | 44,12    |
| 11                       | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 179,40            | 223,51   |
| 12                       | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 171,57            | 395,09   |
| 13                       | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 164,09            | 559,18   |
| 14                       | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 156,94            | 716,11   |
| 15                       | 0,38 | 771,00         | 292,98         | 292,98 | 150,09            | 866,20   |
| <b>AÑOS</b>              |      | <b>10</b>      | <b>17</b>      |        |                   | \$       |
| <b>ENERGÍA ANUAL</b>     |      | 632,02 kWh/año | 632,02 kWh/año |        |                   | 3.133,58 |
| <b>TAZA DE DESCUENTO</b> |      | 4,56%          | 4,56%          |        |                   | \$       |
| <b>INVERSION</b>         |      | \$ 2.267,33    | \$ 2.267,33    |        |                   | 2.267,33 |
| <b>FLUJO DE EFECTIVO</b> |      | \$ 292,98      | \$ 200,46      |        |                   | 866,20   |
| <b>VAN</b>               |      | \$ 866,20      | \$ 686,86      |        |                   |          |
| <b>TIR</b>               |      | 38%            | 30%            |        |                   | 38%      |
|                          |      |                |                |        | Inversión inicial | \$       |
|                          |      |                |                |        | VAN               | 866,20   |
|                          |      |                |                |        | TIR               | 38%      |

Realizado por: Los autores

Para el sistema de generación eléctrica mediante propulsión humana se estima una vida útil de 15 años, con un costo por kWh de 0,38 ctv., el mismo que permite recuperar la inversión total en los años establecidos, tomando en consideración que el valor del TIR alcanzo el valor de 38%.

### 13.3. Comparación con los escenarios planteados.

Las alternativas dos y tres planteadas no son viables técnicamente puesto que no se podría incrementar el número de personas y tiempo de uso, que tienen un promedio máximo de 14 personas y 18 minutos. La alternativa sería viable si más personas usaran las bicicletas estáticas por lo tanto se generaría una mayor cantidad de energía y se podría cubrir más demanda.

La tabla 38 muestra la relación entre la la propuesta final del sistema y los dos escenarios alternativos, en donde únicamente la propuesta inicial tiene un TIR positivo de 7%.

**Tabla 38** Análisis del VAN y TIR.

| AÑOS                     | 17             | 10              | 3              |
|--------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| <b>ENERGÍA ANUAL</b>     | 632,02 kWh/año | 1487,58 kWh/año | 5552,90kWh/año |
| <b>TAZA DE DESCUENTO</b> | 4,56%          | 4,56%           | 4,56%          |
| <b>INVERSION</b>         | \$ 2.267,33    | \$ 3.043,82     | \$ 4.579,01    |
| <b>FLUJO DE EFECTIVO</b> | \$ 200,46      | \$ 386,77       | \$ 1.443,75    |
| <b>VAN</b>               | \$ 686,86      | \$ 2.656,05     | \$ 16.697,68   |
| <b>TIR</b>               | 30%            | 87%             | 365%           |

Realizado por: Los autores

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. Conclusiones

- Se establece un promedio de uso diario de las bicicletas de 3 horas y 18 minutos con un tiempo promedio de 18 minutos por persona, teniendo como día crítico el jueves ya que solamente cuenta con un número de 10 personas que permiten generar una energía de 2082 Wh/día.
- Se establece que la demanda total del Gimnasio es de 1,82 kW y un consumo medio de 7,23kWh, de los cuales utilizaremos el 28,46% que representa 518W en lo que se refiere a demanda, mientras que en consumo de energía es el 33,06% que equivale a 2,39kWh.
- El sistema de acumulación consta de 2 baterías de 316 Ah de la marca ULTRACELL conectadas en paralelo, por un sistema de BY PASS estableciendo el uso de una sola batería diaria mientras que la otra estaría en reserva y cargándose.
- La profundidad de descarga de las baterías es el 26,40%, mientras que el tiempo de carga de las baterías 3 horas y 43 minutos con el alternador de prueba de marca FORD SVD155 A7672 de 12 V y 65 A, Pero para el diseño se optó por el alternador por un alternador de 90A con el cual se reduce el tiempo de carga a 2 horas y 36 minutos.
- El presupuesto de inversión del proyecto es de \$ 2.267,33 dólares americanos, con un flujo de efectivo anual de \$ 164,32 anuales, siempre y cuando el costo del kWh sea \$ 0,26; mismo que ayudan a que el proyecto sea viable técnica y económicamente.

### 14.2. Recomendaciones

- La profundidad de descarga para un sistema de almacenamiento debe ser apropiado máximo hasta un 30% para garantizar la vida útil de la batería y la capacidad nominal en Ah.
- Para el almacenamiento de las baterías es recomendable realizarlo de forma individual, por esta razón se optó por un sistema con BY PASS entre las dos baterías, mientras la una batería alimenta al sistema de iluminación la otra estará cargándose hasta llegar al límite nominal que es de 316 Ah.
- Es recomendable reducir la capacidad en Ah del sistema de acumulación para que de esta manera se necesite menor tiempo de cargado de las baterías al 100%, una forma de hacerlo es incrementar el nivel de voltaje del sistema, es decir, que operen a 48 V y no a 12 V como se contempló en este trabajo.

- El uso de dimamos para futuros trabajos aplicados a generación por propulsión humana en gimnasios pueden arrojar mejores resultados ya que estos necesitan menores RPM para operar en condiciones nominales, y no necesitan alimentación externa para generar el campo magnético ya que estos usan imanes permanentes.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- ABB group. (2015). Energía solar. *ABB Review*, 2, 76.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Agustin, C., & German, S. (2012). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Colombia.
- ARIAS, G. (2017). ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS PARA UNA BICICLETA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- Barberá Santos, D. (n.d.). Introduccion a La Energia Fotovoltaica, 1–20.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- BICICLETAS ESTATICAS USO DE ENERGIA. (2013).
- Carretero Chacón Enrique. (2015). Universidad Carlos III de Madrid Estudio General Sobre las Aplicaciones de los Sistemas de Carga de Energía Eléctrica por Pedaleo.
- Carrión, D., & Ortiz, L. (2013). Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos, 44–48.
- Daniel, J., & Lira, V. (2015). PROYECTO : BICICLETA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO PÚBLICO ., 1–11.
- Drais, K. Von, & Mccal, T. (n.d.). Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas.
- Fernando, R. P. D. (2016). Ejercítese, genere energía Gimnasios que producen electricidad., 1–104.
- GARCES, F. D. J. A. (2016). SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, 1, 123.
- Grado, T. F. I. N. D. E., En, G., En, I., Industriales, T., & Arte, E. D. E. L. (2018). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial Conversión de Bicicletas a Eléctricas y Abastecimiento Autónomo.
- Ingeniería, E. De, & Automotriz, M. (2015). UNIVERSIDAD DEL AZUAY Facultad de Ciencia y Tecnología.
- Lisette, S., Vásquez, P., Andrés, K., & Lozano, V. (n.d.). conectada a red para autoconsumo en un edificio de la administración pública en la provincia del Guayas y análisis de viabilidad técnica y económica Antecedentes y Justificación.
- Nerea Valencia Alfaro. (2017). Diseño de rodillo universal para bicicletas con sistema de recuperación de energía.
- ORDOÑEZ, P. (UNIVERSIDAD P. S. S. Q. (2015). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA TRANSFORMAR ENERGÍA MECÁNICA DE UNA MÁQUINA ELÍPTICA DE EJERCICIOS EN ENERGÍA ELÉCTRICA PARA CARGAR



## DISPOSITIVOS DE BAJO VOLTAJE.

Robinson lopez Velásquez. (2015). Desarrollo de un sistema de generación eléctrica eficiente a partir de propulsión humana con base en una bicicleta estática., 55.

Rodríguez, R., Osma, G., Rengifo, R., Rueda, F., & Ordóñez, G. (2017). Análisis comparativo de generadores reusados para generación eléctrica a partir de bicicletas estáticas  
Comparative analysis of reused generators for electric generation based on static bikes, 1–8.

Universidad técnica de cotopaxi. (2015).

Universitario, C. (2012). Experiencias de funcionamiento de una microred eléctrica con generación renovable.

# **ANEXOS**



**Anexo 2.- Características del alternador**

|  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|--|---|--|-----------------|--|-----|-------------|--------|------------------|------|----|--|
| FORD   |    | <b>SV0155-A7072</b>  | <b>12V 100A</b> |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|  |   | <table border="1"> <tr> <td>OEM</td> <td>FORD D9VY-10346 D, E7PZ-10346 B, F0PZ-1034C, F0PZ-10346 D</td> </tr> <tr> <td>WAI</td> <td>20-204-9</td> </tr> <tr> <td>LESTER</td> <td>7072,7705</td> </tr> <tr> <td>REF.</td> <td>1G</td> </tr> </table>      | OEM             | FORD D9VY-10346 D, E7PZ-10346 B, F0PZ-1034C, F0PZ-10346 D    | WAI | 20-204-9    | LESTER | 7072,7705        | REF. | 1G | <table border="1"> <tr> <td><b>APLICACION</b></td> </tr> <tr> <td>NUEVO FORD MOTOR-CRAF (1991-73) FORD, LINCOLN, MERCURY 6, 8 CIL</td> </tr> </table>  |
| OEM  | FORD D9VY-10346 D, E7PZ-10346 B, F0PZ-1034C, F0PZ-10346 D                           |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| WAI  | 20-204-9  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| LESTER   | 7072,7705   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REF.   | 1G  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| <b>APLICACION</b>  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| NUEVO FORD MOTOR-CRAF (1991-73) FORD, LINCOLN, MERCURY 6, 8 CIL  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD   |    | <b>SV1325-AA0001EN</b>   | <b>12V 65A</b>  |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|  |   | <table border="1"> <tr> <td>OEM</td> <td>FORD D7AZ-10346-B, D7AZ-10346-C, F2OF-10346-JA, GL-92A</td> </tr> <tr> <td>WAI</td> <td>20-202-9</td> </tr> <tr> <td>LESTER</td> <td>7058, 7078, 7706</td> </tr> <tr> <td>REF.</td> <td>1G</td> </tr> </table>  | OEM             | FORD D7AZ-10346-B, D7AZ-10346-C, F2OF-10346-JA, GL-92A       | WAI | 20-202-9    | LESTER | 7058, 7078, 7706 | REF. | 1G | <table border="1"> <tr> <td><b>APLICACION</b></td> </tr> <tr> <td>REMANUFACTURADO FORD 1G (1975-80) FORD (1976-77) JEEP (1978) LINCOLN (1975-78) MERCURY</td> </tr> </table>   |
| OEM  | FORD D7AZ-10346-B, D7AZ-10346-C, F2OF-10346-JA, GL-92A                              |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| WAI  | 20-202-9  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| LESTER   | 7058, 7078, 7706  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REF.   | 1G  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| <b>APLICACION</b>  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REMANUFACTURADO FORD 1G (1975-80) FORD (1976-77) JEEP (1978) LINCOLN (1975-78) MERCURY   |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD   |   | <b>SV1325-AA0002</b>   | <b>12V 65A</b>  |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|  |   | <table border="1"> <tr> <td>OEM</td> <td>FORD D7AZ 10346 B</td> </tr> <tr> <td>WAI</td> <td>1-20202-</td> </tr> <tr> <td>LESTER</td> <td>7058, 7078,7706</td> </tr> <tr> <td>REF.</td> <td>1G</td> </tr> </table>  | OEM             | FORD D7AZ 10346 B  | WAI | 1-20202-    | LESTER | 7058, 7078,7706  | REF. | 1G | <table border="1"> <tr> <td><b>APLICACION</b></td> </tr> <tr> <td>REMANUFACTURADO FORD 1G 75-80 POLEA DOBLE</td> </tr> </table>  |
| OEM  | FORD D7AZ 10346 B   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| WAI  | 1-20202-  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| LESTER   | 7058, 7078,7706   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REF.   | 1G  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| <b>APLICACION</b>  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REMANUFACTURADO FORD 1G 75-80 POLEA DOBLE  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD   |  | <b>SV0155-A7716</b>  | <b>12V 65A</b>  |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|  |   | <table border="1"> <tr> <td>OEM</td> <td>FORD E8SF-10300-BA, E9PZ 10346 A, GL-253</td> </tr> <tr> <td>WAI</td> <td>20-216-30</td> </tr> <tr> <td>LESTER</td> <td>7716</td> </tr> <tr> <td>REF.</td> <td>2G</td> </tr> </table>                           | OEM             | FORD E8SF-10300-BA, E9PZ 10346 A, GL-253                     | WAI | 20-216-30   | LESTER | 7716             | REF. | 2G | <table border="1"> <tr> <td><b>APLICACION</b></td> </tr> <tr> <td>FORD 2G AUTOLITE CAMIONETA CON REGULADOR (1991-87) AEROSTAR 3.0L (1992-86) BRONCO 4.9L, 5.0L, 5.8L (1989-86) E, F SERIES PICK-UP (1994-86), GRAND MARQUIS, MUSTANG, COUGAR ( 1993-87)</td> </tr> </table>        |
| OEM  | FORD E8SF-10300-BA, E9PZ 10346 A, GL-253  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| WAI  | 20-216-30   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| LESTER   | 7716  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REF.   | 2G  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| <b>APLICACION</b>  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD 2G AUTOLITE CAMIONETA CON REGULADOR (1991-87) AEROSTAR 3.0L (1992-86) BRONCO 4.9L, 5.0L, 5.8L (1989-86) E, F SERIES PICK-UP (1994-86), GRAND MARQUIS, MUSTANG, COUGAR ( 1993-87)        |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD   |  | <b>SV0155-A7744</b>  | <b>12V 65A</b>  |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|  |   | <table border="1"> <tr> <td>OEM</td> <td>FORD E7EF-10300-FB, E7EF-10300-EB, E9PZ-10346 D, , 20-220-30</td> </tr> <tr> <td>WAI</td> <td>20-205-30</td> </tr> <tr> <td>LESTER</td> <td>7088, 7744</td> </tr> <tr> <td>REF.</td> <td>2G</td> </tr> </table> | OEM             | FORD E7EF-10300-FB, E7EF-10300-EB, E9PZ-10346 D, , 20-220-30 | WAI | 20-205-30   | LESTER | 7088, 7744       | REF. | 2G | <table border="1"> <tr> <td><b>APLICACION</b></td> </tr> <tr> <td>FORD AUTOLITE MOD TOPAZ, GHIA CON REGULADOR (1986) AEROSTAR 2.8L (1990-86) BRONCO II 2.9L (1990-85) ESCORT, TOPAZ 1.9, 2.0, 2.4, THUNDERBIRD, MERCURY COUGAR 3.8L (1990) MERCURY TRACER 1.9L</td> </tr> </table> |
| OEM  | FORD E7EF-10300-FB, E7EF-10300-EB, E9PZ-10346 D, , 20-220-30                        |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| WAI  | 20-205-30   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| LESTER   | 7088, 7744  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REF.   | 2G  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| <b>APLICACION</b>  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD AUTOLITE MOD TOPAZ, GHIA CON REGULADOR (1986) AEROSTAR 2.8L (1990-86) BRONCO II 2.9L (1990-85) ESCORT, TOPAZ 1.9, 2.0, 2.4, THUNDERBIRD, MERCURY COUGAR 3.8L (1990) MERCURY TRACER 1.9L |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD   |  | <b>SV0155-A7784</b>  | <b>12V 130A</b> |  |     |             |        |                  |      |    |  |
|  |   | <table border="1"> <tr> <td>OEM</td> <td>FORD F3AU-10300-CA, F5AU-10300-AAM</td> </tr> <tr> <td>WAI</td> <td>20-233-31-2</td> </tr> <tr> <td>LESTER</td> <td>7784</td> </tr> <tr> <td>REF.</td> <td>3G</td> </tr> </table>                               | OEM             | FORD F3AU-10300-CA, F5AU-10300-AAM                           | WAI | 20-233-31-2 | LESTER | 7784             | REF. | 3G | <table border="1"> <tr> <td><b>APLICACION</b></td> </tr> <tr> <td>FORD SERIE 3G MARQUIS, TOWN COUNTRY (1995-93) FORD CROWN VICTORIA 4.6L (1994-93) LINCOLN TOWN CAR 4.6L</td> </tr> </table>   |
| OEM  | FORD F3AU-10300-CA, F5AU-10300-AAM  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| WAI  | 20-233-31-2   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| LESTER   | 7784  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| REF.   | 3G  |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| <b>APLICACION</b>  |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |
| FORD SERIE 3G MARQUIS, TOWN COUNTRY (1995-93) FORD CROWN VICTORIA 4.6L (1994-93) LINCOLN TOWN CAR 4.6L   |   |  |                 |  |     |             |        |                  |      |    |  |

# UCG 316-12

12V 316AH

Deep Cycle



## Anexo 3.- Características de la batería.

### UCG316-12



### Physical Specification

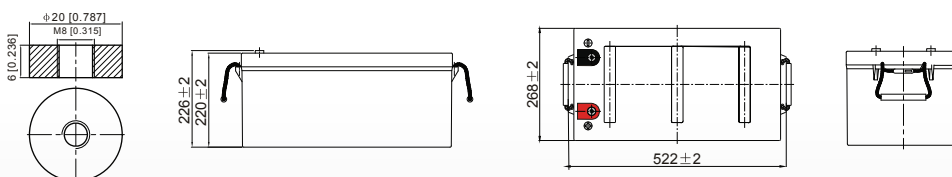
|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| Part Number:                  | <b>UCG316-12</b>   |
| Length:                       | <b>522 ± 2 mm</b>  |
| Width:                        | <b>268 ± 2 mm</b>  |
| Container Height:             | <b>220 ± 2 mm</b>  |
| Total Height (with terminal): | <b>226 ± 2 mm</b>  |
| Approx Weight:                | <b>Approx 73kg</b> |

### Specifications

|                                  |  |   |
|----------------------------------|--|---|
|                                  | Normal Voltage   | 12V   |
|                                  | Normal Capacity (100HR)  | 316.0AH   |
| Terminal Type                    | Standard Terminal  | F11   |
|                                  | Optional Terminal  | -   |
| Container Material               | Standard Option  | ABS   |
|                                  | Flame Retardant Option (FR)  | ABS(UL94:VO)  |
| Rated Capacity                   | 286.0 AH/25.8A   | (10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)   |
|                                  | 275.0 AH/31.3A   | (8hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)  |
|                                  | 218.0 AH/43.6A   | (5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)  |
|                                  | 198.0 AH/66.0A   | (3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)  |
|                                  | 165.5 AH/165.5A  | (1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)  |
| Max Discharge Current            | 2500A (5s)   |   |
| Internal Resistance              | Approx 2.5mΩ   |   |
| Discharge Characteristics        | Operating Temp. Range  | Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)   |
|                                  |  | Charge: 0 ~ 40°C (5 ~ 104°F)  |
|                                  |  | Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)   |
|                                  | Nominal Operating Temp. Range  | 25 ± 3°C (77 ± 5°F)   |
|                                  | Cycle Use  | Initial Charging Current less than 75.0A Voltage<br>14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C |
|                                  | Standby Use  | No limit on Initial Charging Current Voltage<br>13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C     |
| Capacity affected by Temperature | 40°C (104°F) 103%  |   |
|                                  | 25°C (77°F) 100%   |   |
|                                  | 0°C (32°F) 86%   |   |
| Design Floating Life at 20°C     | 15 Years   |   |
| Self Discharge                   | Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter. |   |

### Dimensions

#### F11 Terminal



ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



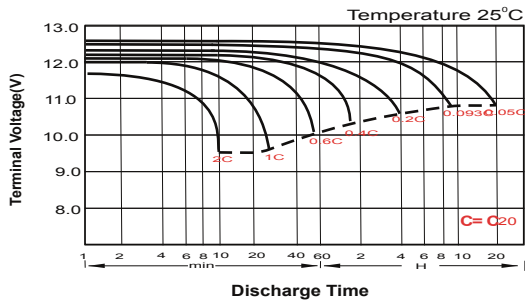
### Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C (77°F)

| F.V/Time   | 10 min | 15 min | 20 min | 30 min | 45 min | 1h    | 2h   | 3h   | 4h   | 5h   | 6h   | 8h   | 10h  | 20h  |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.85V/cell | 363.0  | 335.0  | 288.0  | 222.5  | 168.3  | 137.0 | 83.4 | 60.8 | 48.1 | 40.2 | 35.7 | 29.9 | 25.0 | 12.9 |
| 1.80V/cell | 409.5  | 374.0  | 317.3  | 237.5  | 180.7  | 147.8 | 88.9 | 64.6 | 50.7 | 42.5 | 37.7 | 31.3 | 25.8 | 13.4 |
| 1.75V/cell | 444.0  | 392.7  | 330.8  | 246.5  | 186.7  | 153.5 | 91.1 | 66.0 | 52.3 | 43.6 | 38.4 | 31.6 | 26.1 | 13.5 |
| 1.70V/cell | 469.5  | 419.2  | 348.0  | 253.0  | 192.3  | 158.0 | 92.8 | 67.6 | 53.4 | 44.4 | 39.1 | 31.8 | 26.5 | 13.6 |
| 1.67V/cell | \      | 442.1  | 360.8  | 262.5  | 197.0  | 162.0 | 94.6 | 68.4 | 54.3 | 45.2 | 39.7 | 32.2 | 26.7 | 13.7 |
| 1.60V/cell | \      | 461.0  | 371.3  | 267.5  | 200.3  | 165.5 | 96.3 | 69.8 | 55.4 | 45.8 | 40.1 | 32.5 | 26.9 | 13.8 |

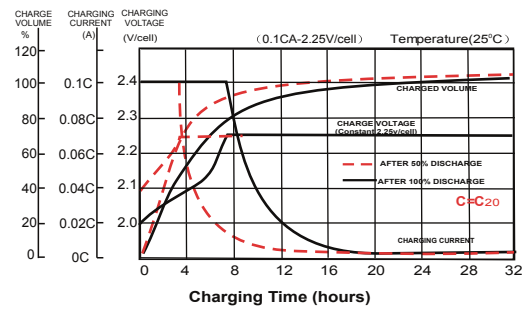
### Constant Power Discharge (Watts) at 25°C (77°F)

| F.V/Time   | 10 min | 15 min | 20 min | 30 min | 45 min | 1h    | 2h    | 3h    | 4h    | 5h   | 6h   | 8h   | 10h  | 20h  |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 1.85V/cell | 670.5  | 625.1  | 542.9  | 424.1  | 325.2  | 267.5 | 165.9 | 121.5 | 96.4  | 80.9 | 72.0 | 60.4 | 50.7 | 26.2 |
| 1.80V/cell | 747.5  | 688.5  | 589.2  | 445.7  | 346.5  | 287.2 | 176.3 | 128.6 | 101.3 | 85.2 | 75.6 | 63.0 | 52.0 | 27.0 |
| 1.75V/cell | 797.5  | 714.0  | 608.4  | 458.8  | 356.7  | 297.6 | 180.2 | 130.9 | 104.0 | 87.0 | 76.9 | 63.5 | 52.4 | 27.1 |
| 1.70V/cell | 824.2  | 751.7  | 635.3  | 468.3  | 367.0  | 305.4 | 182.9 | 133.7 | 105.9 | 88.4 | 78.0 | 63.7 | 53.0 | 27.3 |
| 1.67V/cell | \      | 783.3  | 653.7  | 481.9  | 372.7  | 311.9 | 185.9 | 135.1 | 107.6 | 89.7 | 79.0 | 64.3 | 53.4 | 27.5 |
| 1.60V/cell | \      | 806.7  | 665.4  | 487.7  | 374.6  | 316.1 | 188.4 | 137.3 | 109.3 | 90.6 | 79.7 | 64.7 | 53.7 | 27.6 |

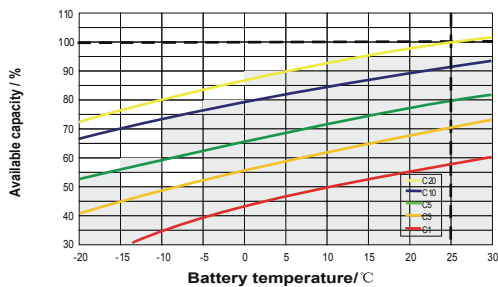
### Discharge Characteristics



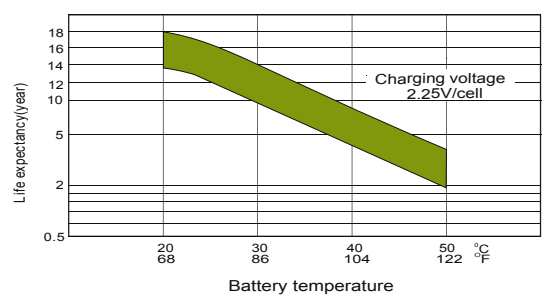
### Charging Characteristics



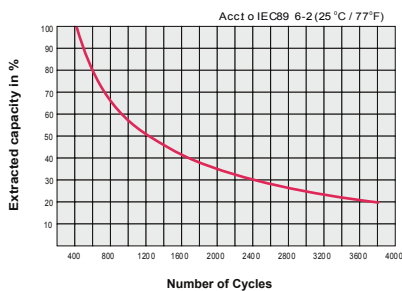
### Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



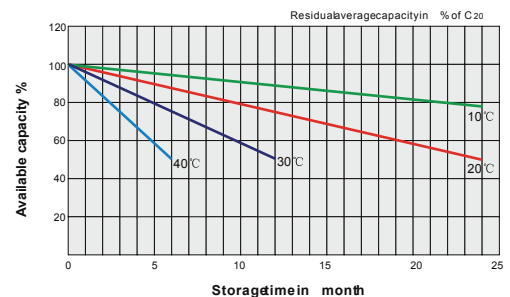
### Effect of Temperature on Long Term Float Life



### Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



### General Relation of Capacity VS. Storage Time




ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

**Anexo 4.- Características del regulador**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>SV1808-RD712</b>  | <b>DELCO</b>                     |
| REGULADOR DELCO CS-130D, ACURA 97-99, HONDA ACCORD 98-02 12V |                                  |
| OEM  | DELCO 19009715, HITACHI TR1Z-125 |
| WAI  | 35-141                           |
| TRANSPO  | D9715                            |




|  |  |
|--|--|
| <b>SV2475-RF784HD</b>  | <b>FORD</b>                                      |
| REGULADOR FORD 2G ALTERNADOR INTEGRADO (NEGRO) 12V REFORZADO |  |
| OEM  | FORD E43F-10316-AA, E63F-10316-AB, E73F-10316-AB |
| WAI  | 35-202   |
| TRANSPO  | F784HD   |




|  |  |
|--|--|
| <b>SV1808-RGR784</b><br><b>SV2066-RF784</b><br><b>SV2475-RF784</b> | <b>FORD</b>                                      |
| REGULADOR FORD 2G ALTERNADOR INTEGRADO (NEGRO) 12V                 |  |
| OEM  | FORD E43F-10316-AA, E63F-10316-AB, E73F-10316-AB |
| WAI  | 35-202-1   |
| TRANSPO  | F784   |




|  |  |
|--|--|
| <b>SV1808-RGR786</b><br><b>SV2066-RF794</b><br><b>SV2475-RF794</b> | <b>FORD</b>                                      |
| REGULADOR FORD MOTOR-CRAFT 3G (GRIS) 12V                           |  |
| OEM  | FORD E9DF-10316-AA, F0DU-10316-AA, F0DZ-10316-A, |
| WAI  | 35-204-1   |
| TRANSPO  | F794   |




|  |  |
|--|--|
| <b>SV1808-RGR786M</b><br><b>SV2066-RF794HD</b> | <b>FORD</b>                                      |
| REGULADOR FORD MOTOR-CRAFT 3G (GRIS) 12V       |  |
| OEM  | FORD E9DF-10316-AA, F0DU-10316-AA, F0DZ-10316-A, |
| WAI  | 35-204   |
| TRANSPO  | F794HD   |



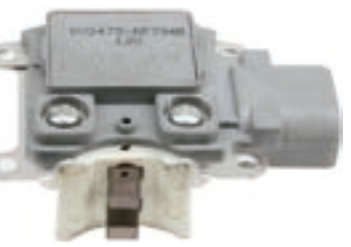
|  |  |
|--|--|
| <b>SV1808-RGR818</b><br><b>SV2066-RF786</b><br><b>SV2475-RF786</b> | <b>FORD</b>                              |
| REGULADOR FORD MOTOR-CRAFT 3G 1995 (BLANCO) 12V                    |  |
| OEM  | FORD F5RU-10316-BA, F5RZ-10316-A, GR-818 |
| WAI  | 35-209                                   |
| TRANSPO  | F786                                     |



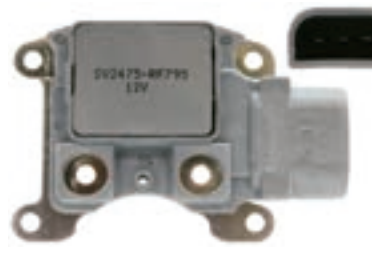
|  |  |
|--|--|
| <b>SV1808-RGR811</b><br><b>SV2066-RF785</b><br><b>SV2475-RF785</b> | <b>FORD</b>  |
| REGULADOR FORD SERIE 3G LINCOLN ENTRADA CUADRADA (NEGRO) 12V       |  |
| OEM  | FORD F3AU-10316-AA, F3AZ-10316-A, F3RU-10316-AA, GR811 |
| WAI  | 35-206   |
| TRANSPO  | F785, F785HD   |



|   |   |
|---|---|
| <b>SV2475-RF794B</b>                              | <b>FORD</b>   |
| REGULADOR FORD MOTORCRAFT 3G CON PORTA CARBON 12V |   |
| OEM   | FORD F1DU-10C359-AA, F1DZ-10C359-A, F77U-10316-AA, GR 821 |
| WAI   | 35-205  |
| TRANSPO   | F794B   |



|  |   |
|--|---|
| <b>SV1808-RGR814</b><br><b>SV2066-RF795</b><br><b>SV2475-RF795</b> | <b>FORD</b>                                   |
| REGULADOR FORD MOTOR-CRAFT 3G (BLANCO) 12V                         |   |
| OEM  | FORD F4ZU-10316-AA, -AC, F4ZZ-10316-A, GR-814 |
| WAI  | 35-201  |
| TRANSPO  | F795  |



|  |   |
|--|---|
| <b>SV1808-RGR817</b><br><b>SV2066-RF798</b><br><b>SV2475-RF798</b> | <b>FORD</b>                               |
| REGULADOR FORD 4G TAPA BLANCA                                      |   |
| OEM  | FORD F6DU-10C359-AA, F6DY-10316-A, GR-817 |
| WAI  | 35-210                                    |
| TRANSPO  | F798                                      |





**SV1808-RVRPR1652**  
**SV2066-RIP1652**
**VALEO**

 REGULADOR ALTERNADOR  
 RENAULT 79-89

 OEM DUCELLIER 592986;  
 PARIS RHONE 182023  
 182046

WAI

TRANSPO IP1652


**SV1808-RVRVN001**  
**SV2066-RF611**
**VISTEON**

 REGULADOR ALTERNADOR  
 VISTEON FORD FOCUS,  
 MONDEO 03-04

OEM

WAI

TRANSPO F611


**SV0953-RE140XR**  
**SV1823-R010402**
**CHEVROLET**

 REGULADOR BOSCH CHE-  
 VROLET 402 12V

 OEM BOSCH 9-290-010-  
 402, ELVAC E-140-XR,  
 E-140-UT

WAI

TRANSPO


**SV0953-RE197XR**  
**SV1823-R010973**
**UNIVERSAL**

 REGULADOR BOSCH PASO  
 (973) 12V

 OEM BOSCH 9-290-010-973,  
 ELVAC E-197-XR

WAI

TRANSPO


**SV0953-RE135XR**  
**SV1823-R010352**
**DODGE**

 REGULADOR BOSCH DODGE  
 (350) O (352) 12V

 OEM BOSCH 9-290-010-352,  
 ELVAC E-135-XR

WAI

TRANSPO


**SV0710-RGA008**  
**SV0953-RE141XR**  
**SV1823-R010412**
**FORD**

 REGULADOR BOSCH FORD  
 (412) 12V

 OEM BOSCH 9-290-010-  
 412, ELVAC E-141-XR,  
 E-141-UT

WAI

TRANSPO


**SV2066-RD9212**
**CHEVROLET**

 REGULADOR CHEVROLET  
 PLATINO 9212

OEM N/D

WAI

TRANSPO


**SV2066-RF8512M**
**FORD**

 REGULADOR FORD PLATINO  
 8212 12V

OEM N/D

WAI

TRANSPO


**SV0953-RE200XR**  
**SV1823-R020001**
**NISSAN**

 REGULADOR ELVAC E200XR  
 DATSUN TSURU TERMINA-  
 LES PLANAS 12V

OEM ELVAC E-200XR

WAI

TRANSPO


**SV0953-RE180XR**  
**SV1823-R010811**
**NISSAN**

 REGULADOR ELVAC E-  
 180-XR DATSUN TSURU  
 TERMINALES PLANAS 12V

OEM ELVAC E-180XR

WAI

TRANSPO





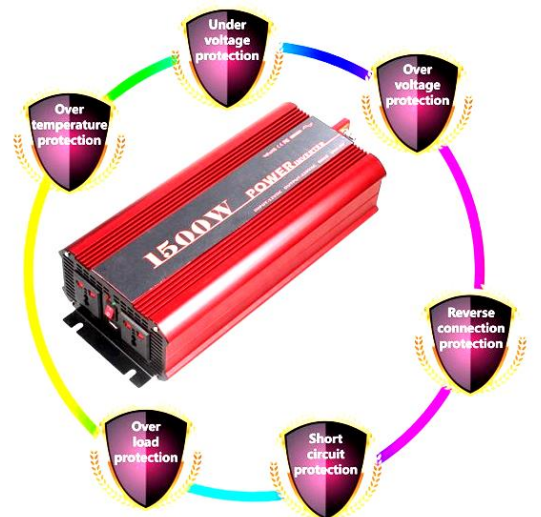
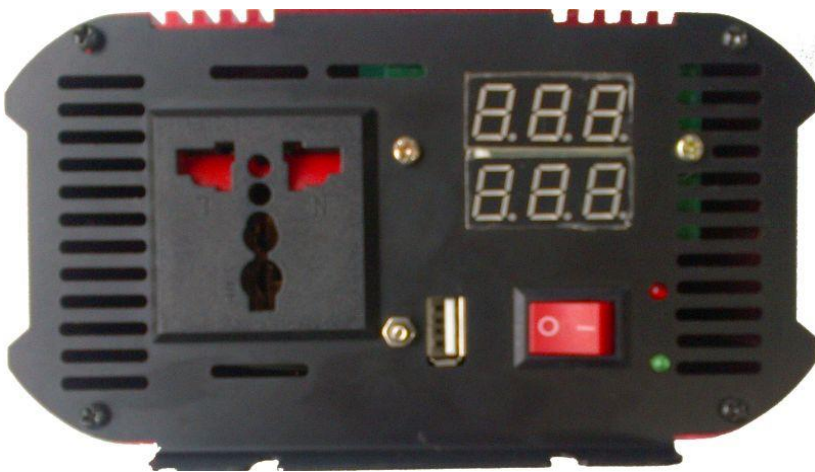
Anexo 5.- Características del inversor

# **INVERSORES ZONHAN**

**INVERSORES DE ONDA SINOIDAL PURA DE 300W HASTA 6000W !**



Inversores económicos para aplicaciones fijas de onda sinodal pura con todas las protecciones. Diseño con componentes de calidad para aguantar el trabajo rudo. Con display para Voltaje y Potencia. Desconexión con voltaje bajo. Dependiendo del modelo está incluido una o varias tomas de USB de 5VDC y uno o dos tomacorrientes.



**The Leading Supplier Of  
Wind Turbine,  
Hydro turbine,  
Solar Electric System**

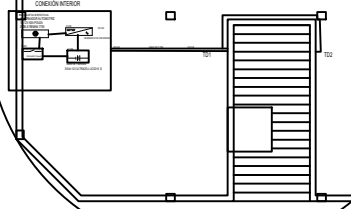
| <b>Model : TW-1500</b>   |                                 | <b>TW-1500-12V</b>                       | <b>TW-1500-24V</b> | <b>TW-1500-48V</b> |
|--------------------------|---------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| <b>SALIDA AC:</b>        | Potencia continua:              | 1500W                                    |                    |                    |
|                          |                                 | <b>3000W</b>                             |                    |                    |
|                          | <b>Potencia Pico:</b>           | 120%< carga                              |                    |                    |
|                          |                                 | 150%< carga                              |                    |                    |
|                          | Tipo de onda                    | Sinoidal Pura (THD < 3%)                 |                    |                    |
|                          | Frecuencia de salida            | 50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Opcional)        |                    |                    |
|                          | Voltaje de salida AC            | 100~120VAC / 200~240VAC (Opcional)       |                    |                    |
| <b>DC Input</b>          | Voltajes DC de entrada          | 12V DC                                   | 24V DC             | 48V DC             |
|                          | Rango de voltaje DC             | 10.8V-15.5V                              | 21.6V-31V          | 43.2V-62V          |
|                          | Alarma de bateria baja          | 10.8V± 0.2V                              | 21.6V±0.4V         | 43.2V±0.8V         |
|                          | Desconexion de bateria baja     | 10.2V±0.2V                               | 20.4V±0.4V         | 40.8V±0.8V         |
|                          | Desconexion por voltaje alta    | 15.5V±0.2V                               | 31V±0.4V           | 62V±0.8V           |
| <b>Eficiencia maxima</b> |                                 | 90% (a toda carga) / 95% (1/3 carga)     |                    |                    |
| <b>Autoconsumo</b>       |                                 | <0.8A                                    | <0.4A              | <0.2A              |
| <b>Protección</b>        | <b>Termico</b>                  | Apagado automático con Temperatura >75°C |                    |                    |
|                          | <b>Contra corto circuito</b>    | Polaridad Externa a traves de fusible    |                    |                    |
|                          | <b>Ventilador enfriamiento</b>  | A partir de temperatura ≥45°C            |                    |                    |
| <b>Environmental</b>     | <b>Temperatura de operación</b> | -10°C ~+50°C                             |                    |                    |
|                          | <b>Humedad</b>                  | 20%~90% RH                               |                    |                    |
|                          | <b>Bodegaje</b>                 | -30°C ~+70°C                             |                    |                    |
| <b>Indicadores, LED</b>  |                                 | <b>Inversor, Falla</b>                   |                    |                    |
| <b>Físico</b>            | <b>Dimensiones (mm)</b>         | 315*195*135mm                            |                    |                    |
|                          | <b>Peso (kg)</b>                | 2.6 kg                                   |                    |                    |
|                          | <b>Dimensions Carton(mm)</b>    | 420*340*460 mm                           |                    |                    |
|                          | <b>Peso Carton (kg)</b>         | 16 kg                                    |                    |                    |
|                          |                                 | 6pcs /Carton                             |                    |                    |

ANEXO 6: Diagrama unifilar del sistema

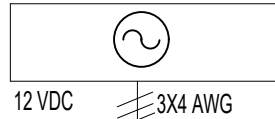
DIAGRAMA UNIFILAR

BICICLETA ESTÁTICA  
ALTERNADOR AUTOMOTRIZ  
1G 12V 65A POLEA  
DOBLE REMAN 7706

INTERIOR DEL GIMNASIO



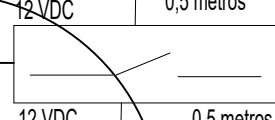
UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN



12 VDC 3X4 AWG



0,5 metros



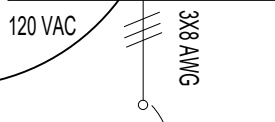
REGULADOR AUTOMOTRIZ  
FORD



0,5 metros



INVERSOR CC/CA 1KW  
ZONHAN

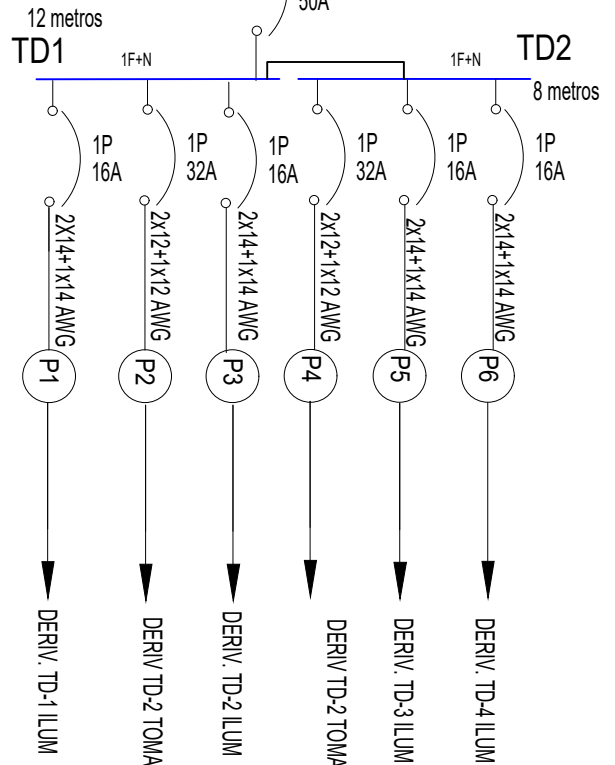
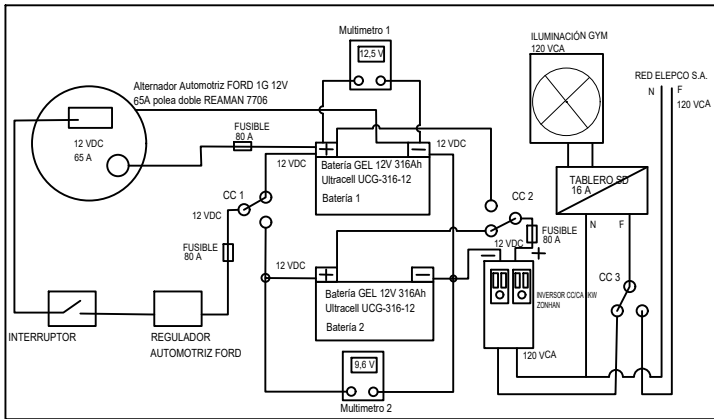


120 VAC 3X8 AWG



BANCO DE 2 BATERÍAS  
316Ah 12V ULTRACELL UCG

CONEXIÓN DEL BY PASS

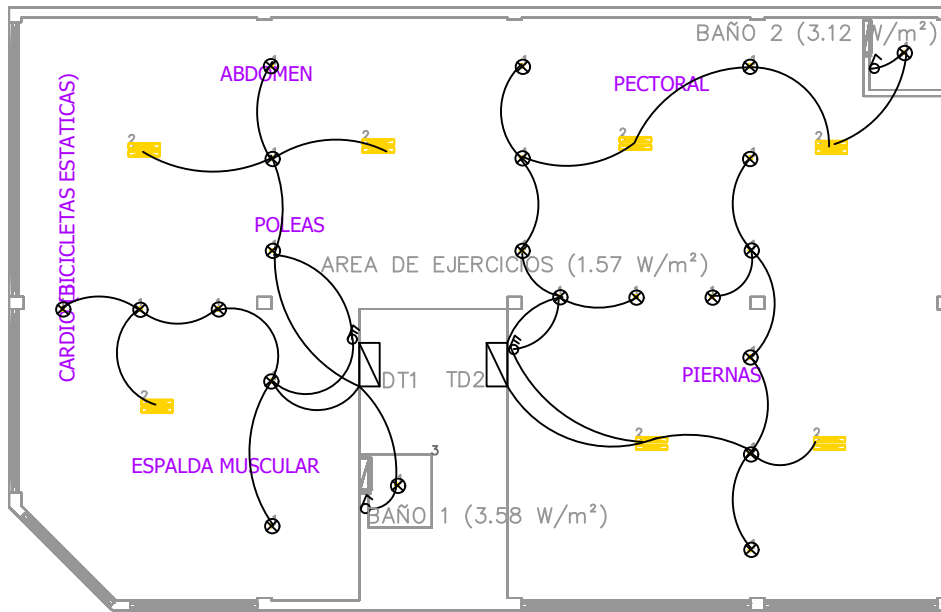


SIMBOLOGIA

| NO. | SIMBOLO | DEFINICION                                   |
|-----|---------|--|
| 1   |         | CARGAS                                       |
| 2   |         | LÍNEA BV                                     |
| 3   |         | FUSIBLE                                      |
| 4   |         | INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO                 |
| 5   |         | ILUMINACION                                  |
| 6   |         | INVERSOR                                     |
| 7   |         | REGULADOR                                    |
| 8   |         | BANCO DE BATERÍAS                            |
| 9   |         | BICICLETA ESTÁTICA CON ALTERNADOR AUTOMOTRIZ |

|           |   |                                    |  |
|-----------|---|------------------------------------|--|
| Fecha:    | Elaborado por:  | UNIVERSIDAD TÉCNICA<br>DE COTOPAXI |  |
| Dibujado: | Los Postulantes   |                                    |  |
| Comprob:  |   |                                    |  |
| Revisado: |   |                                    |  |
| ESCALA:   | SISTEMA DE GENERACIÓN<br>ELÉCTRICA POR<br>PROPULSIÓN HUMANA | PLANO NO. 1                        | Diagrama unifilar de<br>la instalación |

ANEXO 7: Distribución de los puntos de Iluminación



Lista de luminarias

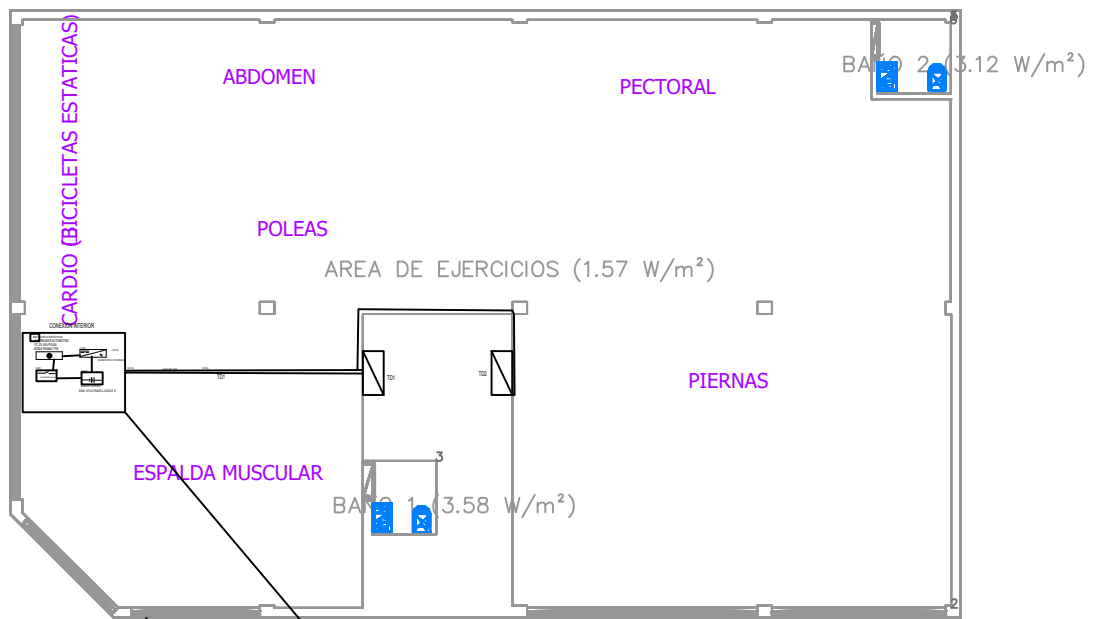
| Índice | Fabricante      | Nombre del artículo                       | Número de artículo | Lámpara   | Flujo luminoso | Factor de degradación | Potencia de conexión | Cantidad |
|--------|-----------------|---|--------------------|---|----------------|-----------------------|----------------------|----------|
| 1      | Toshiba         | PS WLD / 7W / 240 / 2700K                 | LD4EU007C2710 D    | 1x A60 WLD / E27 / 7W DIM / 2700K 470lm                 | 470 lm         | 0.80                  | 7 W                  | 22       |
| 2      | HavellsSylvania | SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP | 0047580            | 1x SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1330lm | 1338 lm        | 0.80                  | 13 W                 | 14       |

**SIMBOLOGIA**

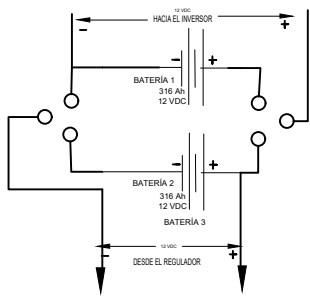
| NO. | SIMBOLO | DEFINICION                   |
|-----|---------|------------------------------|
| 1   | ⊗       | ILUMINACION                  |
| 2   | ■       | LÍNEA BV                     |
| 3   | ⊕       | FUSIBLE                      |
| 4   | □       | INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO |

|   |  |                 |                                     |   |
|---|--|-----------------|-------------------------------------|---|
| Fecha:  |  | Elaborado por:  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI     |  |
| Dibujado:   |  | Los Postulantes |                                     |   |
| Comprobado:   |  |                 |                                     |   |
| Revisado:   |  | ESCALA:         |                                     | PLANO NO. 2   |
| SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA POR PROPULSIÓN HUMANA |  |                 | Diagrama unifilar de la instalación |   |

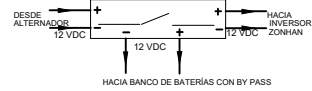
ANEXO 8: Conexión de baterías



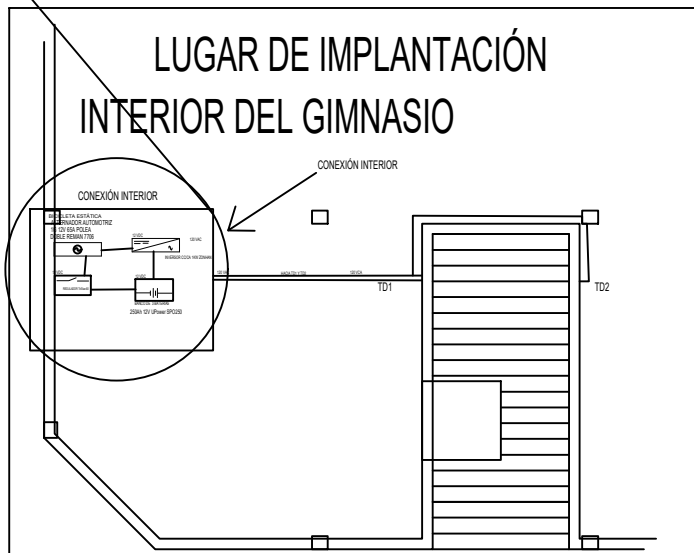
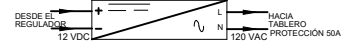
CONEXIÓN DE LAS BATERÍAS CON BY PASS  
316Ah 12V ULTRACELL UCG316 12



CONEXIÓN DEL AUTOMOTRZ FORD



CONEXIÓN DEL INVERSOR ZONHAN



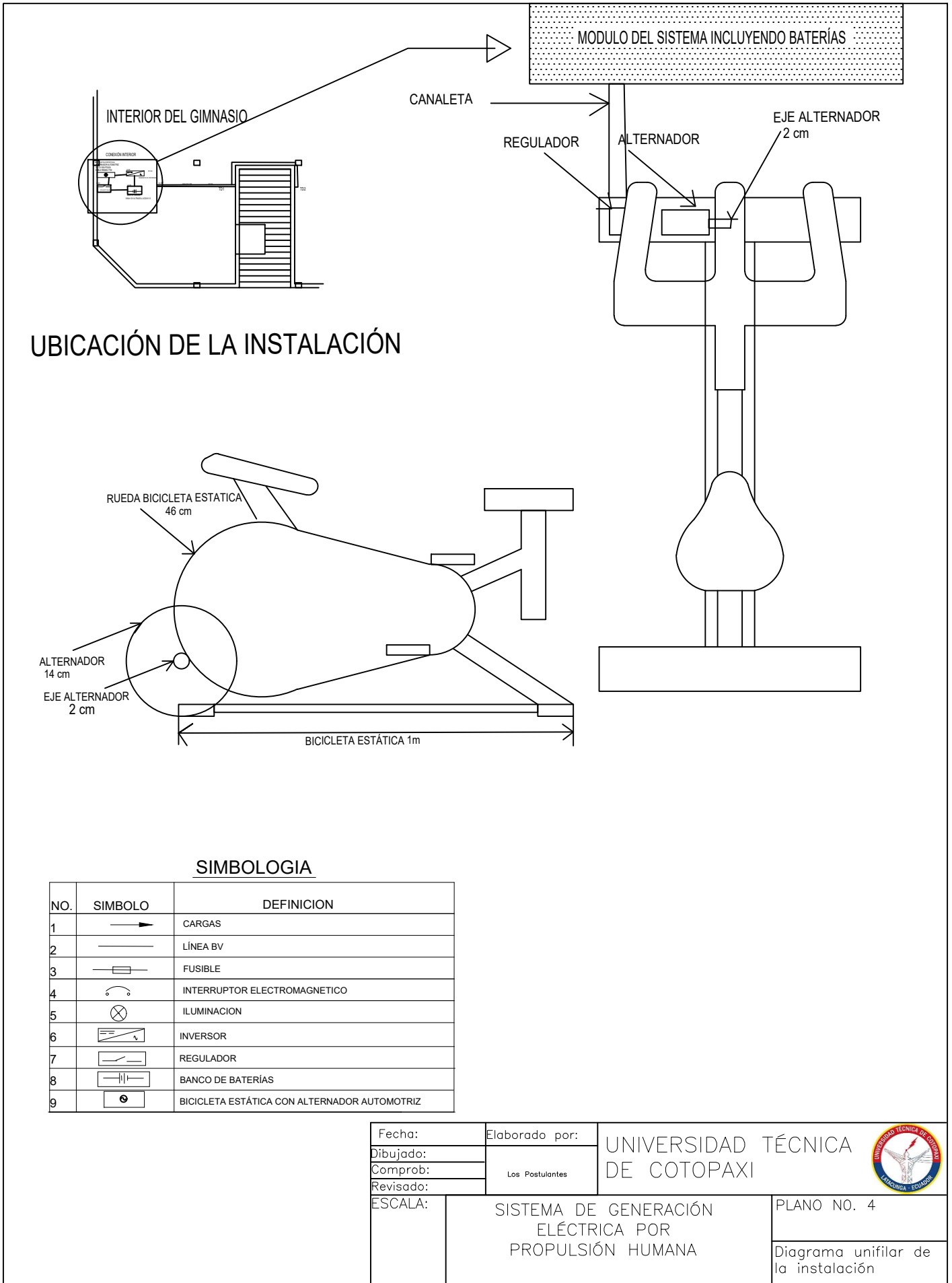
LUGAR DE IMPLANTACIÓN  
INTERIOR DEL GIMNASIO

SIMBOLOGIA

| NO. | SIMBOLO | DEFINICION                                   |
|-----|---------|--|
| 1   | →       | CARGAS                                       |
| 2   | —       | LÍNEA BV                                     |
| 3   | — —     | FUSIBLE                                      |
| 4   | ⤵       | INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO                 |
| 5   | ⊗       | ILUMINACION                                  |
| 6   | ⚡       | INVERSOR                                     |
| 7   | ⚙       | REGULADOR                                    |
| 8   | ⊖       | BANCO DE BATERÍAS                            |
| 9   | ⊙       | BICICLETA ESTÁTICA CON ALTERNADOR AUTOMOTRIZ |

|           |   |                 |                                    |   |
|-----------|---|-----------------|------------------------------------|---|
| Fecha:    |   | Elaborado por:  | UNIVERSIDAD TÉCNICA<br>DE COTOPAXI |  |
| Dibujado: |   | Los Postulantes |                                    |   |
| Comprob:  |   |                 |                                    |   |
| Revisado: |   |                 |                                    |   |
| ESCALA:   | SISTEMA DE GENERACIÓN<br>ELÉCTRICA POR<br>PROPULSIÓN HUMANA |                 | PLANO NO. 3                        | Diagrama unifilar de<br>la instalación  |

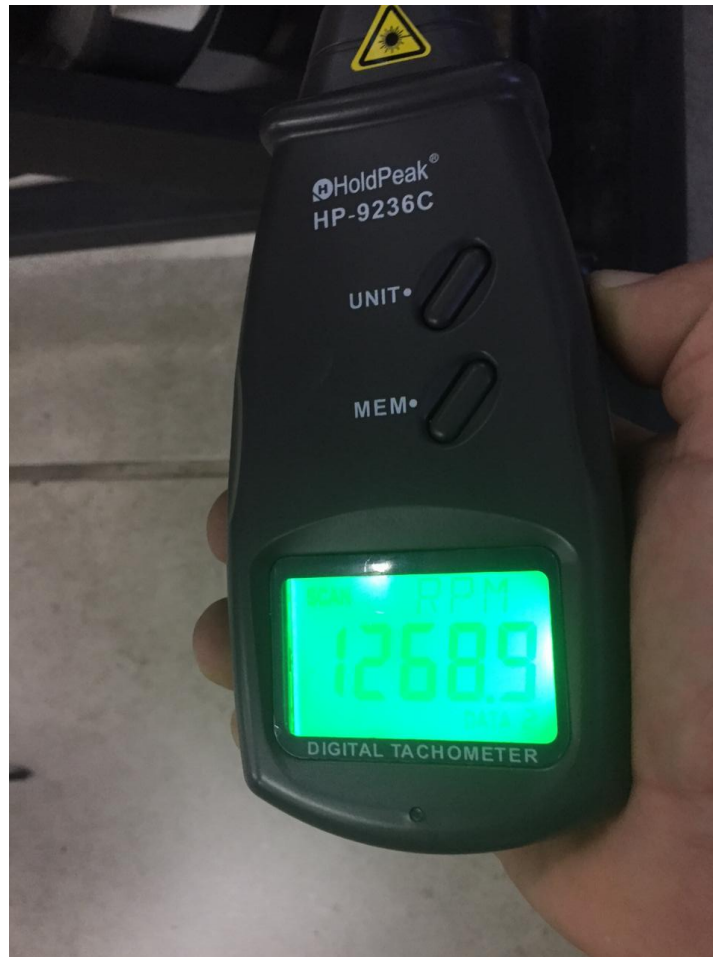
ANEXO 9: Detalle del sistema







**ANEXO 12:** Lectura de RPM en el eje del alternador.

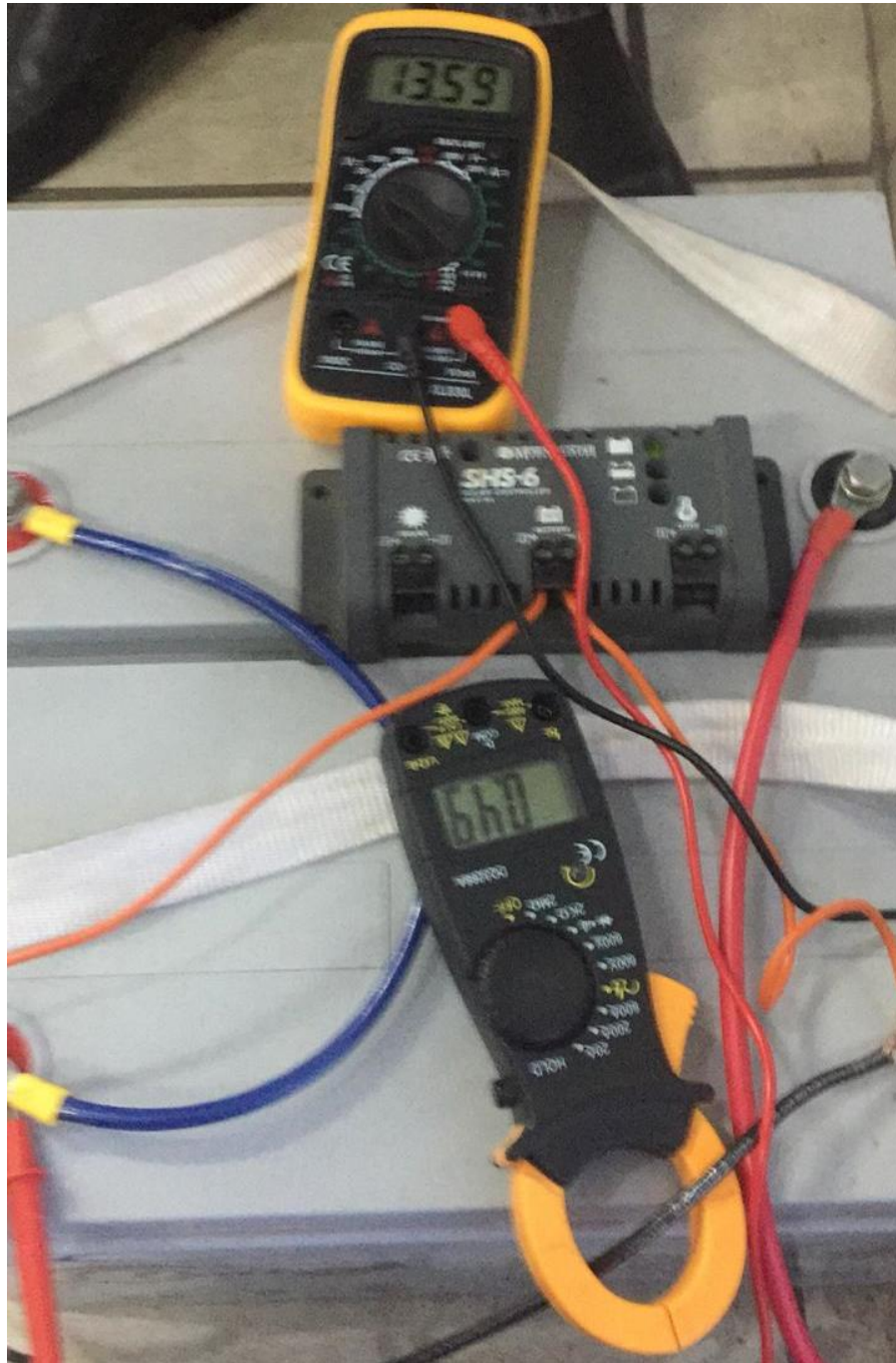


**ANEXO 13:** Lectura de voltaje de generación.





**ANEXO 14:** Lectura de voltaje y corriente del sistema.



**ANEXO 15:** Cargas encendidas en las horas picos 20:00 pm.



**ANEXO 16:** Modificación del eje.



## POWER HOUSE GYM

### Anexo 17.- Simulación Dialux EVO.8.1



| Número de unidades | Luminaria (Emisión de luz)   |   |  |
|--------------------|--|---|--|
| 14                 | <p>HavellsSylvania - 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP<br/>Emisión de luz 1<br/>Lámpara: 1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm<br/>Grado de eficacia de funcionamiento: 100%<br/>Flujo luminoso de lámparas: 1338 lm<br/>Flujo luminoso de las luminarias: 1338 lm<br/>Potencia: 13.0 W<br/>Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas<br/>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p> | <p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p> |  |
| 22                 | <p>Toshiba - LDAEU007C2710D PS WLD / 7W / 240 / 2700K<br/>Emisión de luz 1<br/>Lámpara: 1xA60 WLD / E27 / 7W DIM / 2700K 470lm<br/>Grado de eficacia de funcionamiento: 98.88%<br/>Flujo luminoso de lámparas: 470 lm<br/>Flujo luminoso de las luminarias: 465 lm<br/>Potencia: 7.0 W<br/>Rendimiento lumínico: 66.4 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas<br/>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>                                    | <p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p> |  |

Flujo luminoso total de lámparas: 29072 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 28962 lm, Potencia total: 336.0 W, Rendimiento lumínico: 86.2 lm/W



POWER HOUSE GYM / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / HavellsSylvania 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW  
RAP 1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm / HavellsSylvania - SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE  
600 EB NW RAP (1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm)

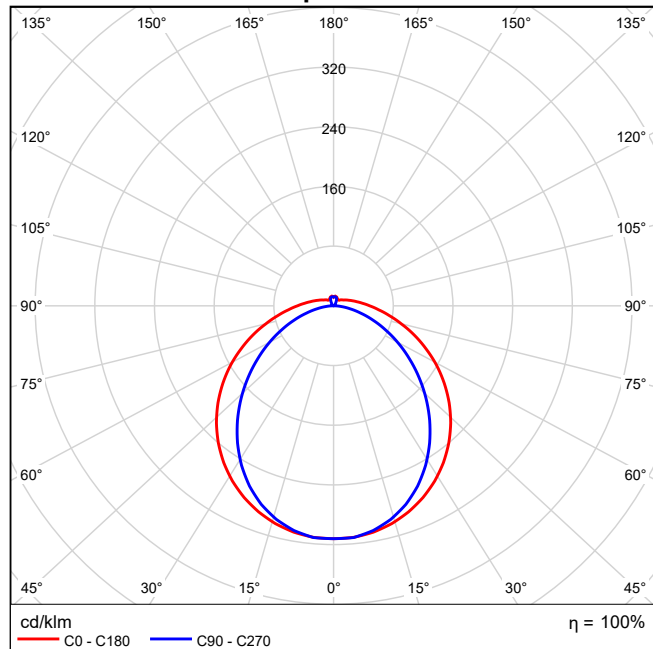
## HavellsSylvania 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.

Grado de eficacia de funcionamiento: 100%  
Flujo luminoso de lámparas: 1338 lm  
Flujo luminoso de las luminarias: 1338 lm  
Potencia: 13.0 W  
Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
1x: CCT 3000 K, CRI 100

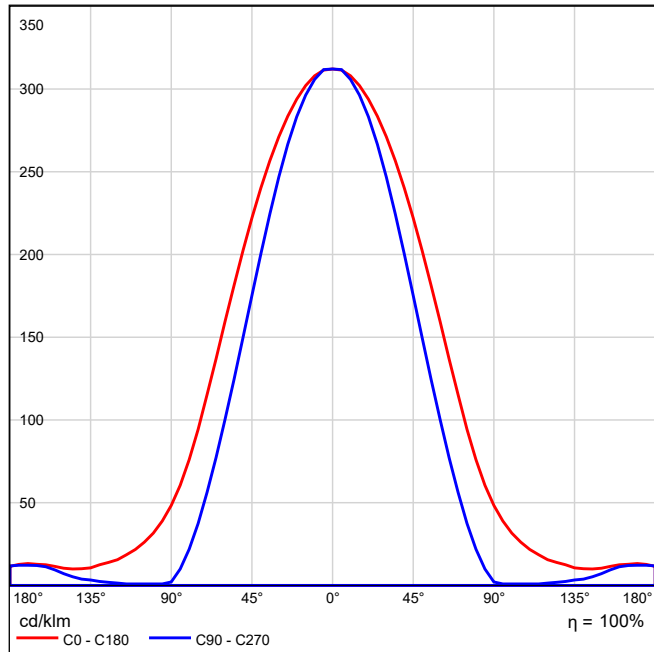
### Emisión de luz 1 / CDL polar



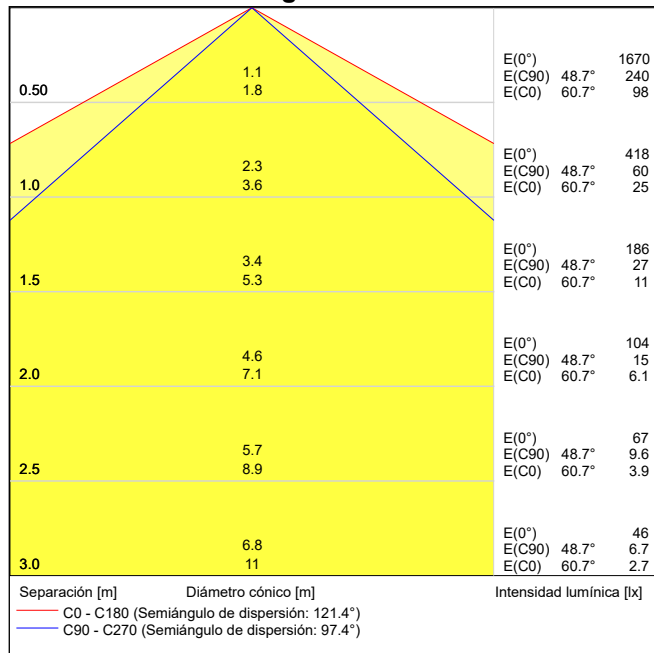


POWER HOUSE GYM / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / HavellsSylvania 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW  
 RAP 1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm / HavellsSylvania - SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE  
 600 EB NW RAP (1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm)

**Emisión de luz 1 / CDL lineal**



**Emisión de luz 1 / Diagrama conico**

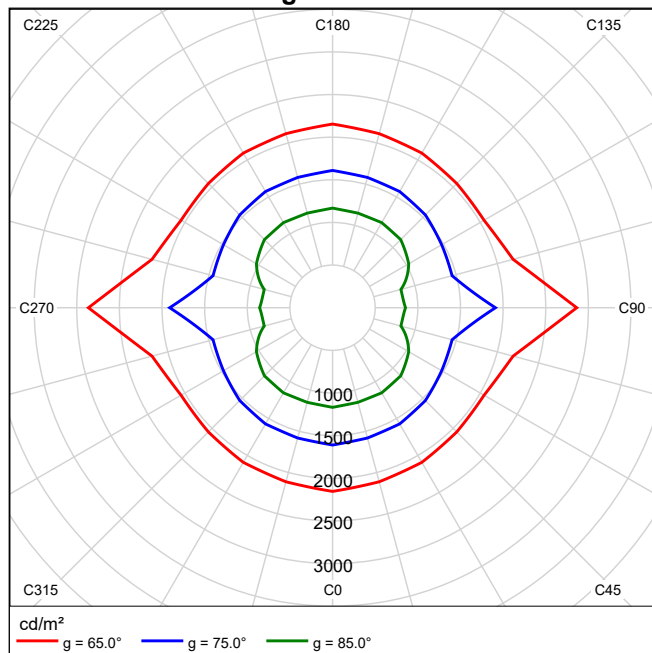






POWER HOUSE GYM / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / HavellsSylvania 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm / HavellsSylvania - SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP (1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm)

**Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica**



**Emisión de luz 1 / Diagrama UGR**

| Valoración de deslumbramiento según UGR                                       |     |   |      |      |      |      |  |      |      |      |      |
|---|-----|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|
| ρ Techo   |     | 70  | 70   | 50   | 50   | 30   | 70   | 70   | 50   | 50   | 30   |
| ρ Paredes   |     | 50  | 30   | 50   | 30   | 30   | 50   | 30   | 50   | 30   | 30   |
| ρ Suelo   |     | 20  | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   |
| Tamaño del local  |     | Mirado en perpendicular al eje de lámpara |      |      |      |      | Mirado longitudinalmente al eje de lámpara |      |      |      |      |
| X   | Y   |   |      |      |      |      |  |      |      |      |      |
| 2H  | 2H  | 15.8                                      | 17.0 | 16.2 | 17.4 | 17.8 | 15.2                                       | 16.5 | 15.6 | 16.8 | 17.2 |
|   | 3H  | 17.2                                      | 18.4 | 17.7 | 18.8 | 19.2 | 16.3                                       | 17.4 | 16.7 | 17.9 | 18.3 |
|   | 4H  | 17.9                                      | 19.0 | 18.3 | 19.4 | 19.9 | 16.7                                       | 17.8 | 17.2 | 18.2 | 18.7 |
|   | 6H  | 18.4                                      | 19.4 | 18.9 | 19.9 | 20.4 | 16.9                                       | 17.9 | 17.4 | 18.4 | 18.9 |
|   | 8H  | 18.7                                      | 19.6 | 19.2 | 20.1 | 20.6 | 17.0                                       | 18.0 | 17.5 | 18.4 | 18.9 |
|   | 12H | 18.9                                      | 19.8 | 19.4 | 20.3 | 20.8 | 17.0                                       | 18.0 | 17.5 | 18.4 | 18.9 |
| 4H  | 2H  | 16.3                                      | 17.3 | 16.7 | 17.8 | 18.2 | 15.8                                       | 16.9 | 16.3 | 17.3 | 17.8 |
|   | 3H  | 17.9                                      | 18.9 | 18.4 | 19.3 | 19.8 | 17.1                                       | 18.0 | 17.6 | 18.5 | 19.0 |
|   | 4H  | 18.7                                      | 19.6 | 19.3 | 20.1 | 20.6 | 17.6                                       | 18.4 | 18.1 | 18.9 | 19.5 |
|   | 6H  | 19.4                                      | 20.2 | 20.0 | 20.7 | 21.3 | 17.9                                       | 18.7 | 18.5 | 19.2 | 19.8 |
|   | 8H  | 19.8                                      | 20.4 | 20.3 | 21.0 | 21.6 | 18.1                                       | 18.7 | 18.6 | 19.3 | 19.9 |
|   | 12H | 20.1                                      | 20.7 | 20.6 | 21.2 | 21.8 | 18.1                                       | 18.7 | 18.7 | 19.3 | 19.9 |
| 8H  | 4H  | 19.0                                      | 19.6 | 19.5 | 20.2 | 20.8 | 17.9                                       | 18.6 | 18.5 | 19.2 | 19.7 |
|   | 6H  | 19.9                                      | 20.4 | 20.4 | 21.0 | 21.6 | 18.5                                       | 19.0 | 19.1 | 19.6 | 20.2 |
|   | 8H  | 20.3                                      | 20.8 | 20.9 | 21.4 | 22.0 | 18.7                                       | 19.2 | 19.3 | 19.8 | 20.4 |
|   | 12H | 20.7                                      | 21.1 | 21.3 | 21.8 | 22.4 | 18.8                                       | 19.3 | 19.4 | 19.9 | 20.5 |
| 12H   | 4H  | 19.0                                      | 19.6 | 19.5 | 20.1 | 20.7 | 18.0                                       | 18.6 | 18.6 | 19.2 | 19.8 |
|   | 6H  | 19.9                                      | 20.4 | 20.5 | 21.0 | 21.6 | 18.6                                       | 19.1 | 19.2 | 19.7 | 20.3 |
|   | 8H  | 20.4                                      | 20.8 | 21.0 | 21.4 | 22.1 | 18.9                                       | 19.3 | 19.5 | 19.9 | 20.6 |
| Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias  |     |   |      |      |      |      |  |      |      |      |      |
| S = 1.0H  |     | +0.1 / -0.1                               |      |      |      |      | +0.1 / -0.1                                |      |      |      |      |
| S = 1.5H  |     | +0.2 / -0.3                               |      |      |      |      | +0.3 / -0.4                                |      |      |      |      |
| S = 2.0H  |     | +0.4 / -0.6                               |      |      |      |      | +0.6 / -0.8                                |      |      |      |      |
| Tabla estándar  |     | BK06                                      |      |      |      |      | BK05                                       |      |      |      |      |
| Índice de corrección  |     | 3.3                                       |      |      |      |      | 1.6  |      |      |      |      |
| Índice de deslumbramiento corregido en relación a 1338lm Flujo luminoso total |     |   |      |      |      |      |  |      |      |      |      |

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25



POWER HOUSE GYM / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Toshiba LDAEU007C2710D PS WLD / 7W / 240 / 2700K 1xA60 WLD / E27 / 7W DIM / 2700K 470lm / Toshiba - PS WLD / 7W / 240 / 2700K (1xA60 WLD / E27 / 7W DIM / 2700K 470lm)

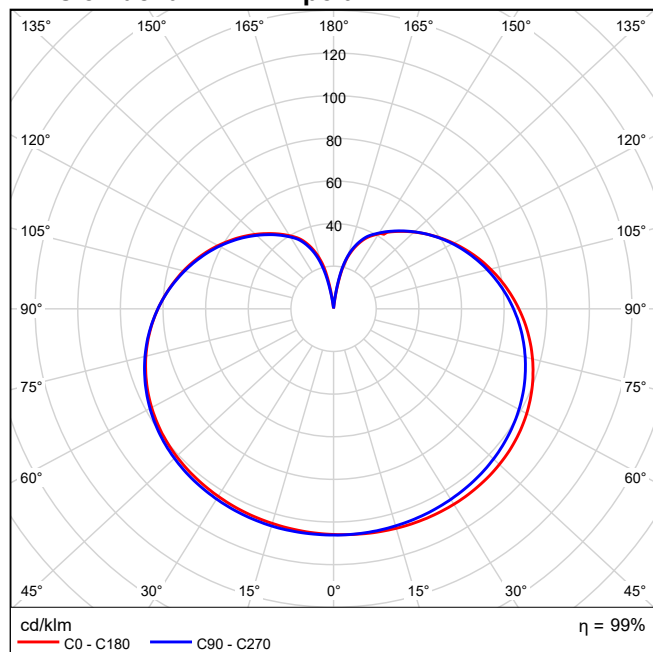
## Toshiba LDAEU007C2710D PS WLD / 7W / 240 / 2700K 1xA60 WLD / E27 / 7W DIM / 2700K 470lm

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Grado de eficacia de funcionamiento: 98.88%  
Flujo luminoso de lámparas: 470 lm  
Flujo luminoso de las luminarias: 465 lm  
Potencia: 7.0 W  
Rendimiento lumínico: 66.4 lm/W

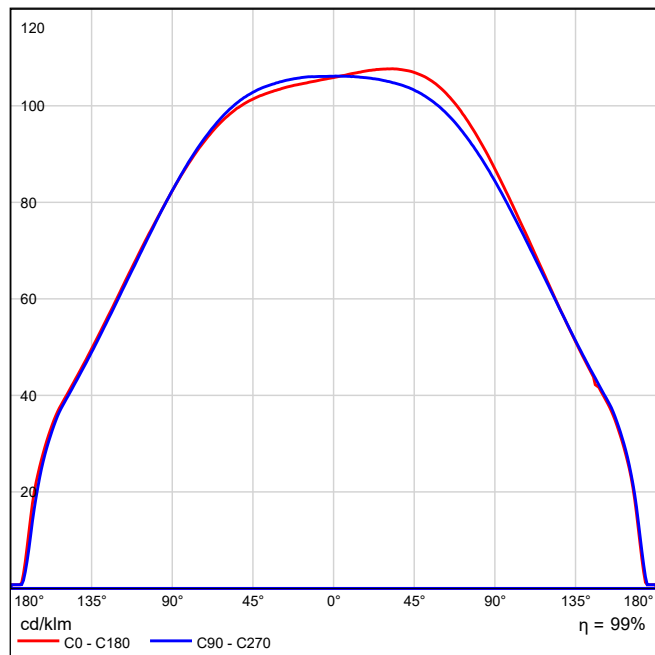
Indicaciones colorimétricas  
1x: CCT 3000 K, CRI 100

### Emisión de luz 1 / CDL polar





### Emisión de luz 1 / CDL lineal

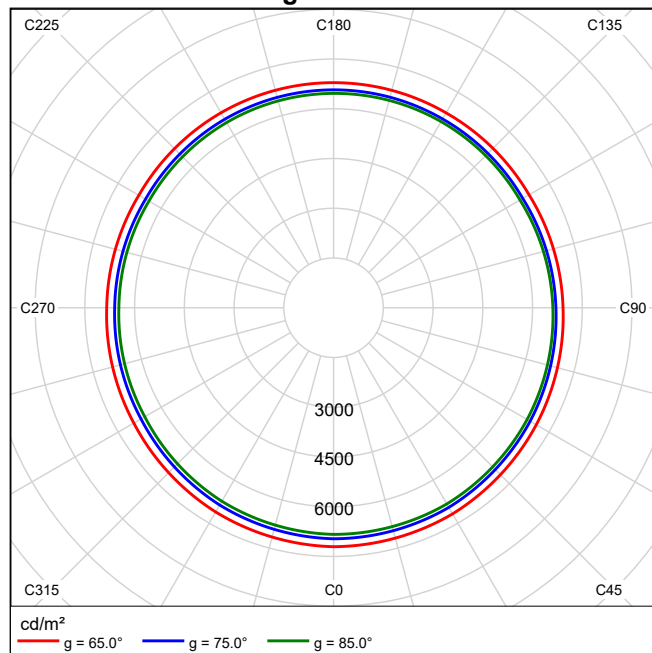


No se puede crear un diagrama de cono porque la distribución luminosa es asimétrica.



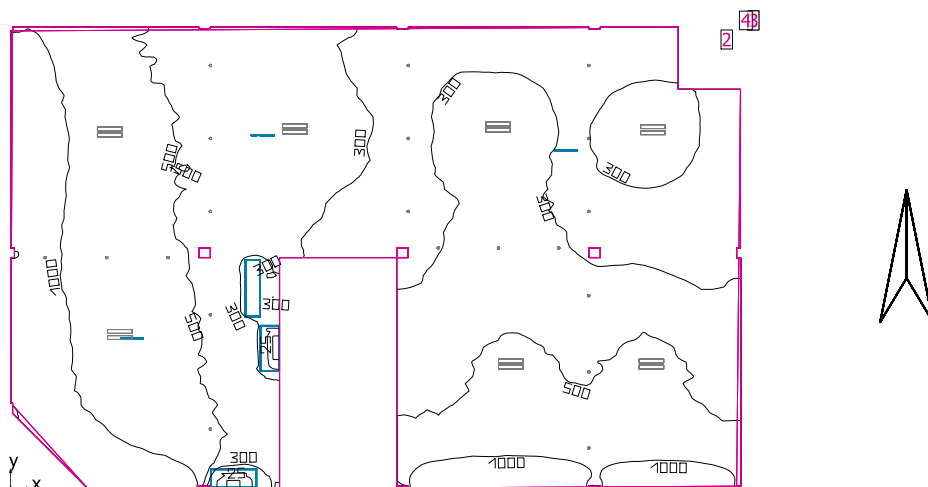


### Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



No se puede crear un diagrama UGR porque la distribución luminosa es asimétrica.

## AREA DE EJERCICIOS



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 72.5%, Suelo 75.6%, Factor de degradación: 0.80

### Información de luz diurna

Local: Quito (-0.20° N -78.50° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 30/5/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 14660 cd/m<sup>2</sup>

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m<sup>3</sup>

Factor de contaminación: 0.80

### Plano útil

| Superficie           | Resultado   | Media (Nominal) | Min  | Max  | Mín./medio | Mín./máx. |
|----------------------|---|-----------------|------|------|------------|-----------|
| 1 AREA DE EJERCICIOS | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m | 591 (≥ 300)     | 19.6 | 4274 | 0.033      | 0.005     |

### EN 12464-1

|                             |   |             |     |      |      |      |
|-----------------------------|---|-------------|-----|------|------|------|
| 2 Área de la tarea visual 2 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Área circundante: 0.500 m | 562 (≥ 300) | 236 | 1532 | 0.42 | 0.15 |
| 3 Área circundante 2        | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]                              | / (≥ 200)   | /   | /    | /    | /    |
| 4 Área de fondo 2           | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] **<br>Zona marginal: 0.500 m | / (≥ 66.7)  | /   | /    | /    | /    |

### Luz diurna

|  |   |       |       |       |      |       |
|--|---|-------|-------|-------|------|-------|
| Superficie útil de cociente de luz diurna (AREA DE EJERCICIOS) | Cociente de luz diurna [%]<br>Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m | 2.190 | 0.717 | 8.130 | 0.32 | 0.086 |
|--|---|-------|-------|-------|------|-------|

**\*\*No existen puntos relevantes.**



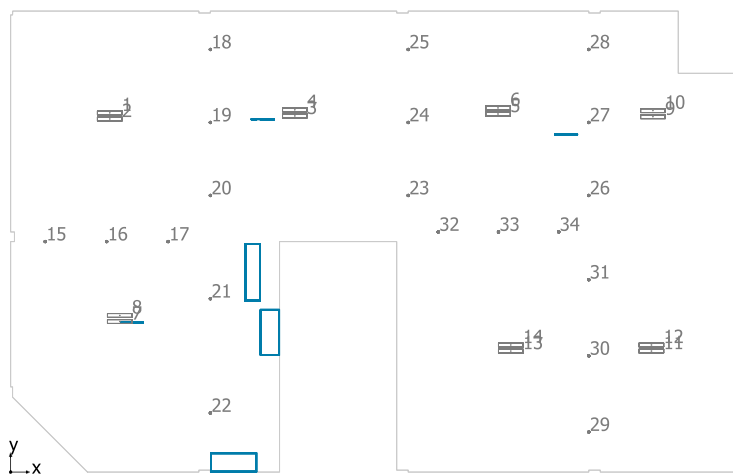
| #                        | Luminaria   | $\Phi$ (Luminaria) [lm] | Potencia [W] | Rendimiento lumínico [lm/W] |
|--------------------------|---|-------------------------|--------------|-----------------------------|
| 14                       | HavellsSylvania - 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP | 1338                    | 13.0         | 102.9                       |
| 20                       | Toshiba - LDAEU007C2710D PS WLD / 7W / 240 / 2700K                  | 465                     | 7.0          | 66.4                        |
| Suma total de luminarias |   | 28032                   | 322.0        | 87.1                        |

Potencia específica de conexión:  $1.57 \text{ W/m}^2 = 0.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superficie de planta de la estancia  $204.97 \text{ m}^2$ )

Consumo: 740 - 890 kWh/a de un máximo de 7100 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

## AREA DE EJERCICIOS



### HavellsSylvania 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP

| N° | X [m]  | Y [m] | Altura de montaje [m] | Factor de degradación |
|----|--------|-------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | 2.580  | 9.350 | 2.800                 | 0.80                  |
| 2  | 2.580  | 9.192 | 2.800                 | 0.80                  |
| 3  | 7.398  | 9.271 | 2.800                 | 0.80                  |
| 4  | 7.398  | 9.429 | 2.800                 | 0.80                  |
| 5  | 12.688 | 9.321 | 2.800                 | 0.80                  |
| 6  | 12.688 | 9.479 | 2.800                 | 0.80                  |
| 7  | 2.841  | 3.919 | 2.800                 | 0.80                  |
| 8  | 2.841  | 4.077 | 2.800                 | 0.80                  |
| 9  | 16.720 | 9.250 | 2.800                 | 0.80                  |
| 10 | 16.720 | 9.408 | 2.800                 | 0.80                  |
| 11 | 16.680 | 3.150 | 2.800                 | 0.80                  |
| 12 | 16.680 | 3.308 | 2.800                 | 0.80                  |
| 13 | 13.020 | 3.150 | 2.800                 | 0.80                  |
| 14 | 13.020 | 3.308 | 2.800                 | 0.80                  |

### Toshiba LDAEU007C2710D PS WLD / 7W / 240 / 2700K

| N° | X [m]  | Y [m]  | Altura de montaje [m] | Factor de degradación |
|----|--------|--------|-----------------------|-----------------------|
| 15 | 0.900  | 6.000  | 2.800                 | 0.80                  |
| 16 | 2.500  | 6.000  | 2.800                 | 0.80                  |
| 17 | 4.100  | 6.000  | 2.800                 | 0.80                  |
| 18 | 5.200  | 11.000 | 2.800                 | 0.80                  |
| 19 | 5.200  | 9.100  | 2.800                 | 0.80                  |
| 20 | 5.200  | 7.200  | 2.800                 | 0.80                  |
| 21 | 5.200  | 4.512  | 2.800                 | 0.80                  |
| 22 | 5.200  | 1.538  | 2.800                 | 0.80                  |
| 23 | 10.350 | 7.200  | 2.800                 | 0.80                  |
| 24 | 10.350 | 9.100  | 2.800                 | 0.80                  |
| 25 | 10.350 | 11.000 | 2.800                 | 0.80                  |
| 26 | 15.050 | 7.200  | 2.800                 | 0.80                  |
| 27 | 15.050 | 9.100  | 2.800                 | 0.80                  |
| 28 | 15.050 | 11.000 | 2.800                 | 0.80                  |



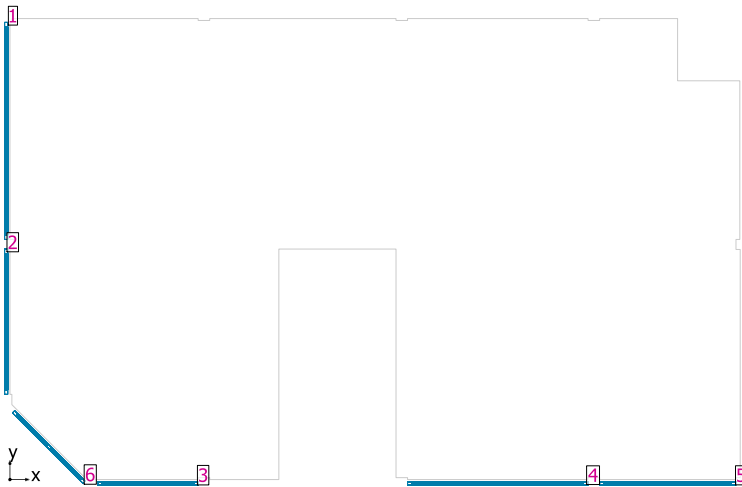
| N° | X [m]  | Y [m] | Altura de montaje [m] | Factor de degradación |
|----|--------|-------|-----------------------|-----------------------|
| 29 | 15.050 | 1.042 | 2.800                 | 0.80                  |
| 30 | 15.050 | 3.025 | 2.800                 | 0.80                  |
| 31 | 15.050 | 5.008 | 2.800                 | 0.80                  |
| 32 | 11.133 | 6.250 | 2.800                 | 0.80                  |
| 33 | 12.700 | 6.250 | 2.800                 | 0.80                  |
| 34 | 14.267 | 6.250 | 2.800                 | 0.80                  |

## AREA DE EJERCICIOS

| Número de unidades | Luminaria (Emisión de luz)   |   |  |
|--------------------|--|---|--|
| 14                 | <p>HavellsSylvania - 0047580 SYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP<br/>Emisión de luz 1<br/>Lámpara: 1xSYLPROOF TUBULAR LED SINGLE 600 EB NW RAP 13W 1338lm<br/>Grado de eficacia de funcionamiento: 100%<br/>Flujo luminoso de lámparas: 1338 lm<br/>Flujo luminoso de las luminarias: 1338 lm<br/>Potencia: 13.0 W<br/>Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas<br/>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p> | <p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p> |  |
| 20                 | <p>Toshiba - LDAEU007C2710D PS WLD / 7W / 240 / 2700K<br/>Emisión de luz 1<br/>Lámpara: 1xA60 WLD / E27 / 7W DIM / 2700K 470lm<br/>Grado de eficacia de funcionamiento: 98.88%<br/>Flujo luminoso de lámparas: 470 lm<br/>Flujo luminoso de las luminarias: 465 lm<br/>Potencia: 7.0 W<br/>Rendimiento lumínico: 66.4 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas<br/>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>                                    | <p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p> |  |

Flujo luminoso total de lámparas: 28132 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 28032 lm, Potencia total: 322.0 W, Rendimiento lumínico: 87.1 lm/W

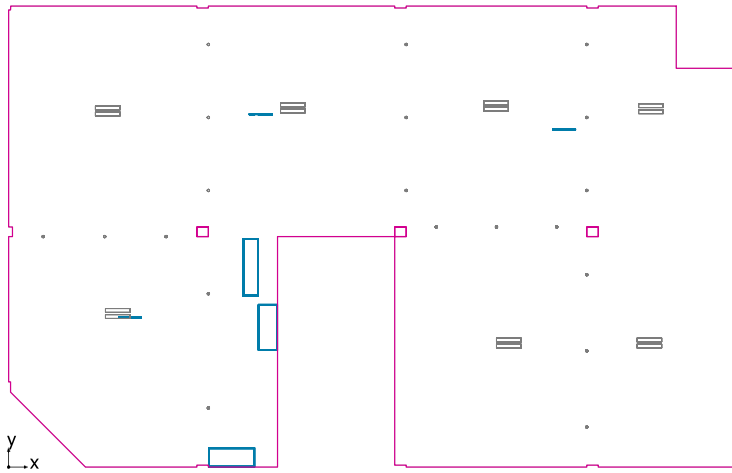
## AREA DE EJERCICIOS



### Sistemas de fachada/Ventana para tejado

| N° | Ventana           | Elementos de la fachada |
|----|-------------------|-------------------------|
| 1  | 5.650 m x 2.500 m | Cristal                 |
| 2  | 3.783 m x 2.500 m | Cristal                 |
| 3  | 2.613 m x 2.500 m | Cristal                 |
| 4  | 4.700 m x 2.500 m | Cristal                 |
| 5  | 3.550 m x 2.500 m | Cristal                 |
| 6  | 2.595 m x 2.500 m | Cristal                 |

## AREA DE EJERCICIOS / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



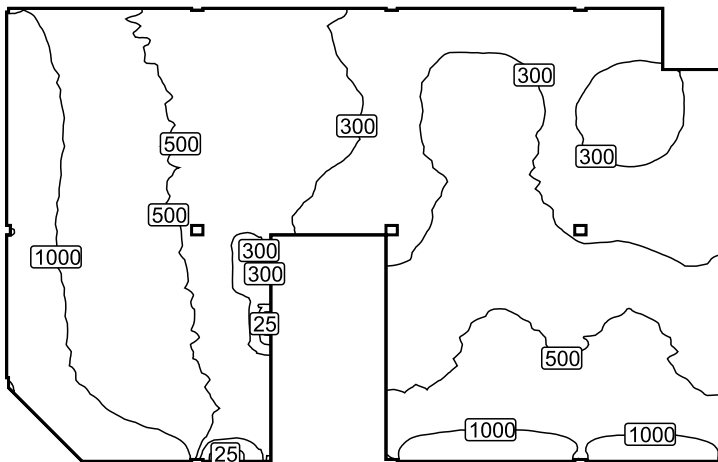
### AREA DE EJERCICIOS: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 591 lx (Nominal:  $\geq 300$  lx), Min: 19.6 lx, Max: 4274 lx, Mín./medio: 0.033, Mín./máx.: 0.005

Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m

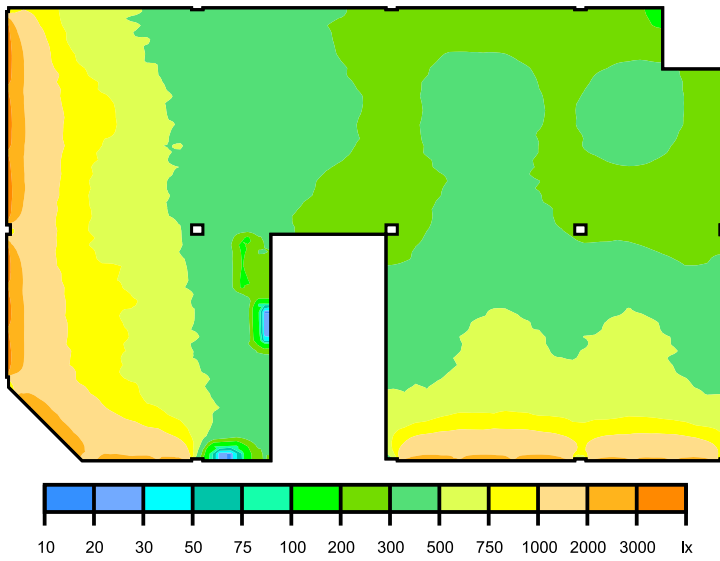
### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 200

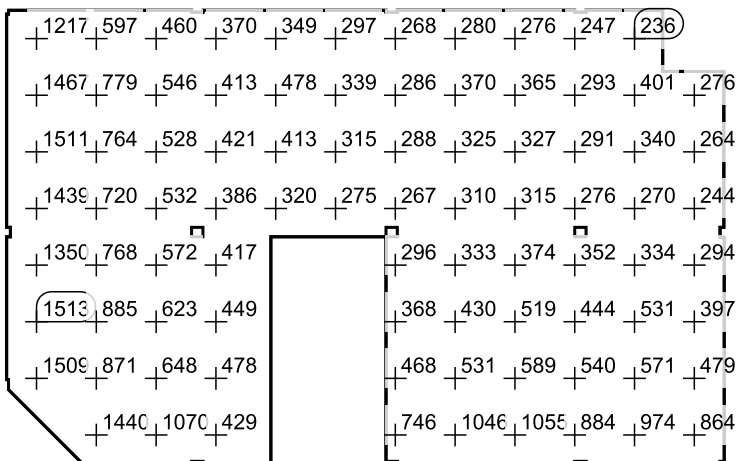


**Colores falsos [lx]**



Escala: 1 : 200

**Sistema de valores [lx]**



Escala: 1 : 200