

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL CHUBUT



PROYECTO FINAL DE CARRERA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Diciembre, 2021

“DISEÑO DE GIMNASIO SUSTENTABLE”

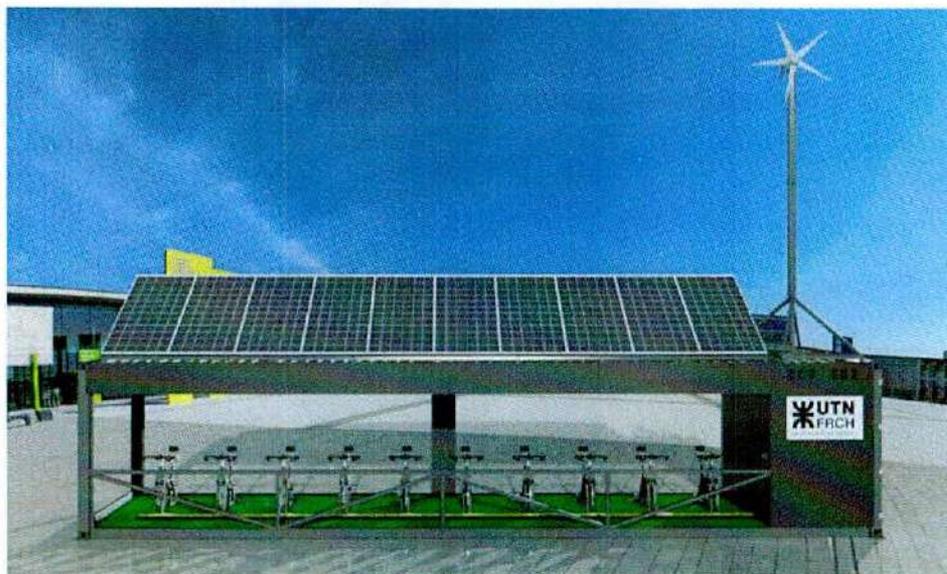


Ilustración 1 - Diseño de Gimnasio Sustentable

Autores:

Losio Nicolás

Miranda Juan Manuel

Directores:

Ing. Martín D. Sangiorgio

Ing. Martín Reimondez

Contenido

Índice de figuras.....	4
Índice de tablas	6
CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN	7
1.1. Misión y motivación.....	7
1.2. Objetivos	8
1.3. Propuesta	9
CAPÍTULO II - Contexto energético	11
2.1. Situación energética mundial	11
2.2. Situación de la matriz energética en Argentina	15
2.3. Matriz de generación eléctrica en Argentina.....	19
2.4. Importancia de un cambio de matriz.....	21
CAPÍTULO III - Proyecto "Gimnasio Sustentable"	22
3.1. Plan de Diseño.....	22
3.1.1. Listado de tareas	23
3.1.2. Diagrama de Gantt.....	28
3.1.3. Especificaciones de requerimientos	31
3.1.4. Análisis competitivo	33
3.1.5. Comparación de prototipos para el diseño de las bicicletas:	36
3.1.6. Matriz de decisión generador de las bicicletas.....	39
CAPÍTULO IV - Diseño de bicicletas generadoras.....	41
4.1. Diseño de las bicicletas	41
4.2. Criterios de diseño del generador eléctrico.....	46
4.3. Generación de energía eléctrica estimada	65
CAPÍTULO V - Diseño sistema fotovoltaico	66
5.1. Introducción.....	66
5.2. Marco teórico.....	68
5.3. Diseño sistema solar fotovoltaico	77
5.3.1. Generalidades	77
5.3.2. Lugar de aplicación	78
5.3.3. Dimensionamiento:.....	79
5.3.4. Generación de energía eléctrica estimada	93
CAPÍTULO VI - Diseño sistema eólico.....	93
6.1. Introducción.....	93

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

6.2. Marco Teórico	96
6.3. Diseño de sistema eólico	98
6.3.1. Emplazamiento	98
6.3.2. Generador eólico	100
6.3.3. Potencial eólico	102
CAPÍTULO VII - Instalaciones complementarias del gimnasio	107
7.1. Sistema eléctrico general	107
7.2. Memoria de cálculo de la estructura	114
CAPÍTULO VIII - Análisis ambiental y económico	147
8.1. Ganancias en venta de energía eléctrica:	147
8.2. Evaluación económica:	147
8.3. Evaluación ambiental	148
CONCLUSIONES	149
BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA	152
GLOSARIO	153
UNIDADES	154
ANEXOS	154

Índice de figuras

Ilustración 1 - Diseño de Gimnasio Sustentable	1
Ilustración 2 - Lugar de emplazamiento óptimo - Gimnasio Sustentable.....	9
Ilustración 3 - Matriz energética Mundial actualizada al año 2.019 Fuente: IEA.	14
Ilustración 4 - Participación del consumo final total mundial por fuente. Fuente: IEA....	15
Ilustración 5 - Matriz energética Argentina actualizada al año 2.019 Fuente: IEA.....	16
Ilustración 6 - Mapa del potencial eólico argentino.	17
Ilustración 7 - Irradiación solar promedio del mes de diciembre. Fuente: Atlas de la Republica Argentina Hugo Grossi Gallegos / Raul Righini	18
Ilustración 8 -Matriz de Generación eléctrica en Argentina Sep-21. Fuente: Cammesa..	20
Ilustración 9 - Participación de energías renovables Fuente: Cammesa	20
Ilustración 10 – Gimnasio Gren Gym	34
Ilustración 11 - Parque Olímpico Queen Elizabeth	34
Ilustración 12 - MoveWatts Eco Gym Club	35
Ilustración 13 - Estación Fluvial de Tigre (Argentina)	36
Ilustración 14 - Generador de Imanes Permanentes	42
Ilustración 15 - Curva de inducción del material magnético	43
Ilustración 16 - Curva de magnetización materiales típicos	44
Ilustración 17 - Generador de imanes permanentes de flujo axial	45
Ilustración 18 - Generador de imanes permanentes de flujo radial.....	46
Ilustración 19 - Generador de la bicicleta.....	47
Ilustración 20 - Despiece generador de la bicicleta	47
Ilustración 21 - Medidas STD imanes.....	50
Ilustración 22 - Representación de parámetros en la rueda del generador.....	51
Ilustración 23 - Simulación inducción magnética en FEMM	54
Ilustración 24 - Selección de calibre conductor generador eléctrico	55
Ilustración 25 - Bobina del generador de bicicleta	56
Ilustración 26 - Distribución de fases generador	57
Ilustración 27 - Separación entre bobinas	58
Ilustración 28 - Circuito equivalente del generador	62
Ilustración 29 - Curva de potencia del generador de las bicicletas	64
Ilustración 30 - Rectificador Regulador Bicicletas.....	64
Ilustración 31 - Longitudes de onda.....	68
Ilustración 32 - Efecto fotovoltaico.....	71
Ilustración 33 - Tipos de celdas fotovoltaicas	72
Ilustración 34 - Funcionamiento de la célula fotovoltaica.....	73
Ilustración 35 - Curva tensión - corriente en paneles fotovoltaicos.....	74
Ilustración 36 - Partes constitutivas de un panel solar.....	75
Ilustración 37 - Lugar de emplazamiento sistema solar	78
Ilustración 38 - Ubicación del proyecto en página de la NASA.	79
Ilustración 39 - Data sheet Panel solar Trinasolar TSM-345PE15H	81
Ilustración 40 - Data sheet inversor sistema fotovoltaico	83
Ilustración 41 - Conexión de módulos solares	86
Ilustración 42 – Corriente admisible para cables de CA canalizado AEA.....	87

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Ilustración 43 - Interruptor termomagnético CA.....	88
Ilustración 44 - Interruptor Diferencial CA.....	88
Ilustración 45 - Protector contra descargas atmosféricas CA.....	89
Ilustración 46 - Interruptor termomagnético CC.....	89
Ilustración 47 - Protector contra descargas atmosféricas CC.....	89
Ilustración 48 - Portafusibles CC.....	90
Ilustración 49 - Fusibles CC.....	90
Ilustración 50 - Llave de corte de CC.....	90
Ilustración 51 - Render Instalación solar fotovoltaica anteproyecto.....	91
Ilustración 52 - Render Instalación solar fotovoltaica actualizado.....	91
Ilustración 53 - Esquema unifilar de la instalación eléctrica del sistema solar.....	92
Ilustración 54 - Estimación de generación de energía eléctrica del sistema solar.....	93
Ilustración 55 - Partes de aerogeneradores.....	95
Ilustración 56 - Tipos de aerogeneradores.....	96
Ilustración 57 - Lugar de emplazamiento del generador eólico.....	99
Ilustración 58 - Rosa de vientos del lugar de emplazamiento.....	99
Ilustración 59 - Aerogenerador S2-400.....	100
Ilustración 60 - Curva de potencia del aerogenerador S2-400.....	101
Ilustración 61 - Regulador de carga del aerogenerador.....	102
Ilustración 62 - Distribución de vientos de Weibull del lugar de emplazamiento.....	103
Ilustración 63 - Exponentes de Hellmann para distintos tipos de terrenos.....	104
Ilustración 64 - Inversor SMA Sunny Tripower 4.0.....	108
Ilustración 65 - Convertidor DC-DC.....	109
Ilustración 66 - Vista estructura del contenedor.....	117
Ilustración 67 - Poste frontal.....	117
Ilustración 68 - Poste trasero.....	118
Ilustración 69 - Viga trasera superior e inferior.....	119
Ilustración 70 - Viga frontal superior.....	119
Ilustración 71 - Panel de techo.....	120
Ilustración 72 - Viga lateral inferior.....	120
Ilustración 73 - Esquineros.....	121
Ilustración 74 - Travesaños del piso.....	122
Ilustración 75 - Esquema de izaje.....	124
Ilustración 76 - Tensiones máximas en condición de izaje.....	124
Ilustración 77 - Estructura del contenedor con refuerzos.....	125
Ilustración 78 - Cargas actuantes en estructura con refuerzos.....	125
Ilustración 79 - Tensiones máximas en condición de izaje, estructura con refuerzos.....	126
Ilustración 80 - Demorción máxima en condición de izaje.....	127
Ilustración 81 - Plataforma para mantenimiento.....	128
Ilustración 82 - Diagrama de fuerzas en estructura del sistema solar.....	128
Ilustración 83 - Esfuerzos transmitidos a la estructura del contenedor.....	129
Ilustración 84 - Cargas aplicadas en condición de mantenimiento.....	130
Ilustración 85 - Tensiones máximas en condiciones de mantenimiento.....	131
Ilustración 86 - Refuerzo en zona central de la estructura.....	132
Ilustración 87 - Tensiones máx. en condición de mantenimiento con refuerzo central.....	132
Ilustración 88 - Deformaciones máxima en condición de mantenimiento.....	133

Ilustración 89 - Velocidades básicas del viento	134
Ilustración 90 - Superficie del contenedor en contacto con el viento.....	138
Ilustración 91 - Cargas del viento en gimnasio	139
Ilustración 92 - Fijación de la estructura.....	140
Ilustración 93 - Verificación de placa de anclaje.....	142
Ilustración 94 - Cálculo del espesor de la placa de anclaje.....	143
Ilustración 95 - Verificación estructura aerogenerador.....	144
Ilustración 96 - Verificación estructura sistema solar.....	144
Ilustración 97 - Cargas de viento en estructura del contenedor	145
Ilustración 98 - Verificación estructura contenedor.....	146
Ilustración 99 - Generación de energía por sistema.....	147
Ilustración 100 - Ahorro en emisiones de CO2 equivalente por sistema	149

Índice de tablas

Tabla 1 - Listado de tareas	24
Tabla 2 - Especificación de requerimientos	33
Tabla 3 - FEM inducida por espira en el generador de la bicicleta	53
Tabla 4 - Características conductor generador	55
Tabla 5 - Cantidad de vueltas de conductor	56
Tabla 6 - Características de conductores seleccionados para el generador	60
Tabla 7 - Resumen de características del generador	63
Tabla 8 - Tabla de parámetros de generación de la bicicleta	63
Tabla 9 - Especificaciones rectificador regulador bicicletas	64
Tabla 10 - Características de los paneles fotovoltaicos	82
Tabla 11 - Características del inversor fotovoltaico.....	83
Tabla 12 - Verificación de parámetros del inversor fotovoltaico	86
Tabla 13 - Caída de tensión en conductores del sistema fotovoltaico	87
Tabla 14 - Listado de materiales sistema solar fotovoltaico.....	92
Tabla 15 - Características del aerogenerador seleccionado	100
Tabla 16 - Características del regulador aéreo	102
Tabla 17 - Ajuste de velocidad de vientos de Hellmann	105
Tabla 18 - Generación estimada de energía del sistema eólico	106
Tabla 19 - Valores límites para deformaciones.....	127
Tabla 20 - Factor de importancia	135
Tabla 21 - Naturaleza de ocupación.....	135
Tabla 22 - Cargas de viento.....	136
Tabla 23 - Factor de exposición	137
Tabla 24 - Factor de reducción.....	137
Tabla 25 - Valorización ganancia por venta de energía	147
Tabla 26 - Ahorro de emisiones por sistema	149

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

1.1. Misión y motivación

Como proyecto final de la carrera Ingeniería Electromecánica, presentamos nuestra propuesta con título "Diseño de gimnasio sustentable".

La idea principal es hacer algo que sea innovador y que a la vez genere un impacto positivo en las personas.

Este proyecto nace en base a dos problemáticas fundamentales que impactan a nivel mundial y cuyas incumbencias son generales a gran parte de la población: el cambio climático y la salud de la población.

Para cubrir esta necesidad surgió nuestra idea de combinar un gimnasio donde se realice ejercicio físico con un sistema de generación de energía renovable, con una visión a futuro en la que nuestro proyecto ayude a concientizar a la población en estos dos tópicos a los que hacemos referencia.

Citando algunos de los problemas a solucionar que nos motivan a llevar a cabo este proyecto se encuentran:

- El aumento de la temperatura del planeta a ritmos elevados debido al crecimiento exponencial de la población mundial y al consumo de energía per-cápita.
- La matriz energética con la que se cubren estas necesidades, que mayormente es dependiente de los combustibles fósiles.
- El aumento de los gases de efecto invernadero generado por la matriz energética mundial que ayudan a incrementar los valores que afectan al cambio climático.

- El aumento de enfermedades crónicas no transmisibles, (hipertensión y diabetes tipo 2) en la población de Puerto Madryn, que no difiere de las estadísticas mundiales, es consecuencia de los malos hábitos de alimentación y la escasa actividad física. En los últimos años estas enfermedades crónicas no transmisibles pasaron a ser la 2° causa de muerte situándose después de los fallecimientos por tumores (cáncer). Este proyecto busca complementar la generación de energía con el incentivo a los habitantes a realizar una actividad física motivadora, no sólo en lo personal sino también en lo comunitario.

1.2. Objetivos

- Promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables.
- Informar a la población sobre la problemática de una matriz energética dependiente de combustibles fósiles.
- Generar una cadena de concientización entre la población.
- Fomentar el ejercicio físico para incrementar el nivel de salud de la población.
- Fomentar la auto-generación de energía eléctrica.
- Disminuir el nivel de generación de Gases de Efecto Invernadero.
- Fomentar actos solidarios a través de un beneficio personal, el usuario realiza un ejercicio físico saludable con el agregado de generar energía limpia que es inyectada a la red.

1.3. Propuesta

Nuestra propuesta es la de diseñar un gimnasio sustentable instalado en un contenedor marítimo de 12 metros de largo por 2.5 metros de ancho, que combine 3 sistemas de generación eléctrica diferentes: solar, eólica y mecánica a través de bicicletas fijas al hacer ejercicio.

La ubicación del gimnasio debe ser la adecuada para captar la mayor cantidad de usuarios y observadores, a la vez no tiene que interferir con los médanos de arena ubicados en la costa de la ciudad de Puerto Madryn. Por esto se propone como lugar de emplazamiento la zona Sur del paseo costero, que combina una gran cantidad de personas que realizan ejercicio en esa zona, una cota elevada sobre el nivel del mar con buenas calidades para la generación eólica, una platea de hormigón ya construida con la posibilidad de orientar la estructura al Norte y una gran cantidad de personas que visitan a diario el lugar para esparcimiento.



Ilustración 2 - Lugar de emplazamiento óptimo - Gimnasio Sustentable

Tener tecnologías de generación eléctrica sustentable en lugares públicos, ayudaría no solo a la autogeneración, sino también a un cambio de paradigma en las actitudes de las personas hacia el ambiente y hacia un uso más eficiente de la energía, a esto se le suma los beneficios que le genera a la salud de los usuarios el uso de la bicicleta.

Las personas cada vez se preocupan más por el cambio climático a nivel mundial y este proyecto tiene un gran potencial visual para llegar a la concientización de una gran cantidad de personas y a satisfacer sus necesidades de una vida más amigable con el medio ambiente.

Si el proyecto de concientización e información aumenta y genera que nuevos usuarios se sumen a la autogeneración, también aportaría a la creación de nuevas PYMES locales que se dediquen a la venta, instalación y mantenimiento de estos sistemas.

Los sistemas de generación propuestos se pueden dividir en 3 subsistemas con los siguientes requerimientos:

1) Tracción mecánica:

El sistema de generación a tracción mecánica estaría diseñado para abarcar 10 bicicletas fijas comerciales con generadores eléctricos de diseño propio en sus volantes de inercia delanteros. Se busca de las mismas que puedan generar una potencia mayor que 80 W.

2) Solar fotovoltaica:

El sistema de generación solar fotovoltaica debe estar compuesto por 10 paneles solares de 330 Wp de potencia cada uno, con una potencia instalada aproximada de 3.300 Wp. Los paneles deben estar instalados sobre el techo del gimnasio, con una estructura fija que optimice el ángulo de inclinación de los mismos para generar la mayor cantidad de energía en el año, se busca que el diseño sea adecuado para evitar posibles vandalismos sobre los mismos.

3) Eólica:

El sistema de generación eólico, debe contar con un generador eólico comercial de baja potencia, menor que 1500 W de potencia.

El caso particular del generador eólico es un componente que prevé un gran impacto visual y generaría curiosidad y asombro a quienes lo observen, esta cualidad es la que lo hace atractivo para el proyecto, pues técnicamente el aerogenerador en zonas urbanas no sería eficiente al estar trabajando a pocas revoluciones debido a los tipos de vientos turbulentos que hay en las ciudades.

CAPÍTULO II - Contexto energético

2.1. Situación energética mundial

El contexto energético a nivel mundial es preocupante, el mundo requiere un cambio de su matriz energética, las emisiones de gases de efecto invernadero están generando grandes problemas en el medio ambiente provocando un cambio climático que crece exponencialmente. Estas emisiones son generadas en gran parte por la utilización de energías provenientes de combustibles contaminantes como el Petróleo, Gas Natural, Carbón, entre otros.

Otra situación es que las reservas de combustibles como el petróleo y el gas natural, fáciles de extraer, van disminuyendo y el precio de los mismos van en aumento con la complejidad de extracción, por lo que cada vez es más factible pensar en un cambio de fuente de generación. En el caso del carbón, se encuentra en gran proporción en el mundo, pero es poco eficiente y es el recurso que más generación de gases de efecto invernadero emite en su proceso para la generación de energía.

La matriz energética es una representación cuantitativa de la totalidad de energía que utiliza un país, e indica la incidencia relativa de las fuentes de las que procede cada tipo de energía: nuclear, hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotérmica o combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón.

La matriz energética primaria mundial hace referencia al balance de los consumos de energías entre distintas fuentes en un período de tiempo, las fuentes de energía primaria son aquellas que se extraen de la naturaleza en el estado que se encuentran, sin mediar procesos que la transformen. Por ejemplo, la energía hidráulica, eólica, solar, gas natural, petróleo, leña, entre otras.

Las fuentes primarias de energía pueden ser:

No renovables

- **Combustibles fósiles:** Son materiales o compuestos que tienen energía química almacenada que, por combustión, se transforma en luz y calor. Dentro de estos combustibles tenemos al petróleo, el gas y el carbón. A partir del petróleo se obtienen los combustibles, como la nafta y el gasoil. El gas se utiliza como fuente térmica para la industria, el hogar y el transporte. Asimismo, el carbón y el gas se usan principalmente como fuentes secundarias.
- **Nucleares,** como Uranio 235, Torio, Plutonio, entre otros: Estos minerales se utilizan para generar calor a partir del proceso de fisión (partición) de su núcleo, aprovechando así la energía contenida en el núcleo atómico. Se utiliza para generar electricidad (Energía secundaria).

Renovables

- **Energía Solar:** Es la energía que nuestro planeta recibe del Sol en forma de radiación y que es la base de la vida. Se utiliza para generar calor o electricidad.
- **Energía Eólica:** Es la energía mecánica del aire en movimiento. En la antigüedad impulsaba los barcos y hacía

funcionar los molinos y hoy se utiliza para generar electricidad.

- **Energía Hidráulica:** Es el aprovechamiento de la energía potencial que se convierte en energía mecánica del movimiento del agua para mover una turbina que genera electricidad. Se considera energía renovable a la generada por las centrales pequeñas (menor a 50MW) que no requieren de un embalse de agua, sino que aprovechan el caudal de un cauce ya existente. A partir de Junio 2016, en línea con la Ley de Energías Renovables N° 27191 del 2015, las hidráulicas menores a 50 MW se clasifican como renovables. Fuente: Cammesa.
- **Energía Undimotriz:** Aprovechamiento del movimiento de las olas en la superficie del mar para generar energía eléctrica. Actualmente se encuentra en un estado experimental.
- **Energía Geotérmica:** Es el aprovechamiento del calor del interior de nuestro planeta que se utiliza para generar electricidad.
- **Biomasa:** En esta categoría encontramos a la leña y los cultivos. A partir de estos se obtienen el carbón vegetal y los biocombustibles.
- **Energía de fusión nuclear:** La fusión nuclear es una reacción en la que se unen dos núcleos ligeros para formar uno más pesado. La reacción más fácil de conseguir es la de deuterio y tritio para formar helio y un neutrón, liberando gran cantidad de energía. La fusión no produce gases que contribuyan al efecto invernadero. La reacción en sí sólo produce helio, un gas no nocivo.

Si hacemos un gráfico donde se representen las distintas fuentes de energía y el porcentaje en que se utiliza cada una de ellas, obtenemos lo que se conoce como matriz energética primaria. Esta matriz la podemos confeccionar para todo el mundo, una región o un país en particular.

Matriz de energía primaria - Mundial

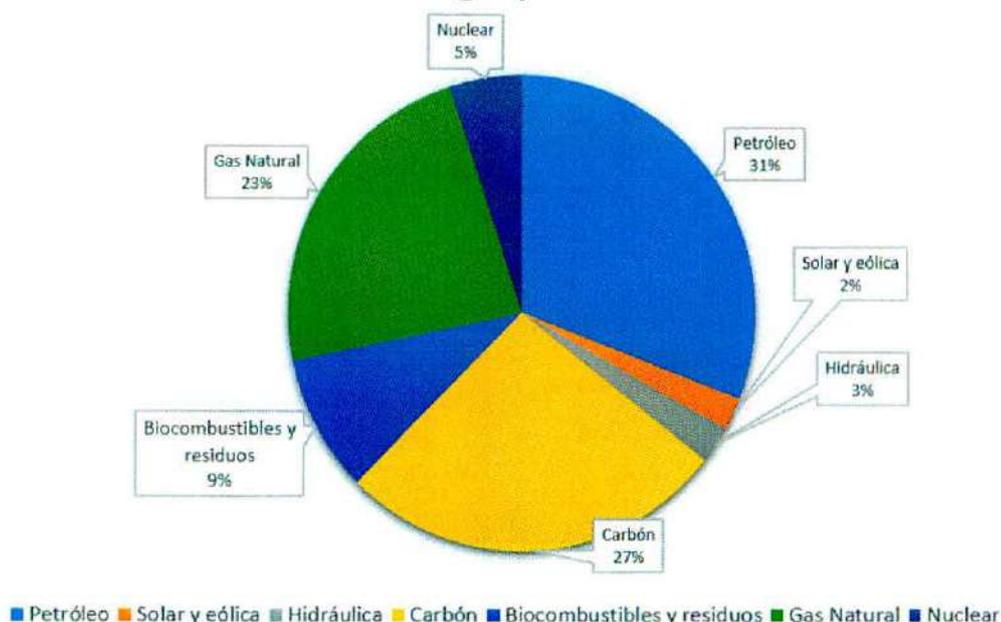


Ilustración 3 - Matriz energética Mundial actualizada al año 2019 Fuente: IEA.

Se puede observar en la matriz primaria que la mayor participación del suministro de energía es a través del uso de combustibles fósiles como el petróleo (31%), Carbón (27%) y Gas natural (23%), llevándose un 81% del total, seguido en un 9% por biocombustibles y residuos, luego se encuentra la energía Nuclear con un 5%, Hidráulica con un 3%, y solar y eólica con un 2%.

Esta herramienta es útil para realizar análisis sobre los consumos energéticos y su evolución a través del tiempo, para realizar una comparación entre países y para usarla en la planificación basada en criterios de seguridad energética y cuidado del medio ambiente.

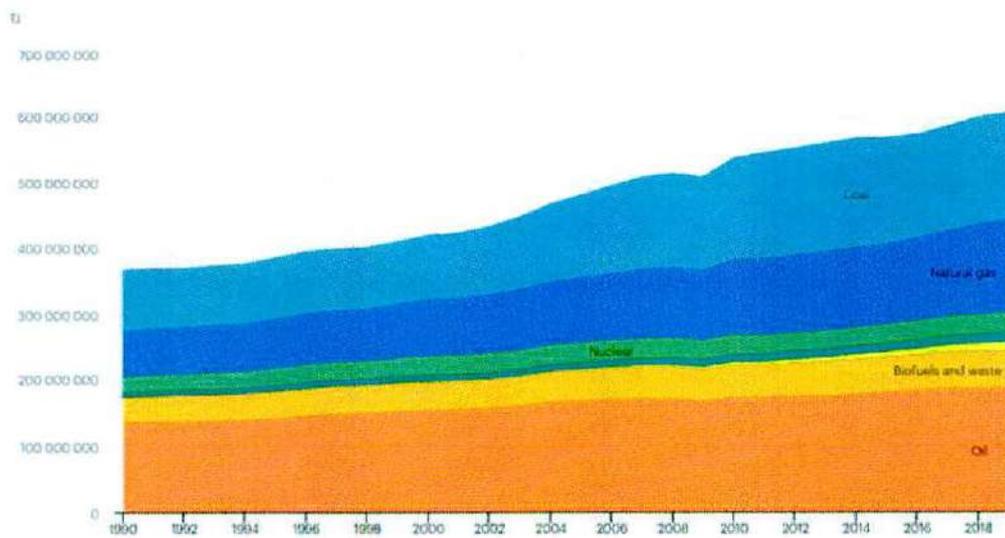


Ilustración 4 - Participación del consumo final total mundial por fuente. Fuente: IEA.

2.2. Situación de la matriz energética en Argentina

En Argentina, al igual que el resto del mundo, se utiliza un alto porcentaje de hidrocarburos, esto se puede observar en su matriz energética. El petróleo y el gas alcanzan casi el 87% del total de la oferta energética del país. La Argentina no consume cantidades significativas de carbón (1% del total), a diferencia de otros países como China, Estados Unidos o Alemania, donde es uno de los recursos más utilizados. Desde el punto de vista ambiental, el uso de gas es una ventaja, pues es un combustible más limpio que el carbón, el fuelo-oil y el gas-oil, ya que produce una emisión de dióxido de carbono menor.

Matriz de energía primaria - Argentina

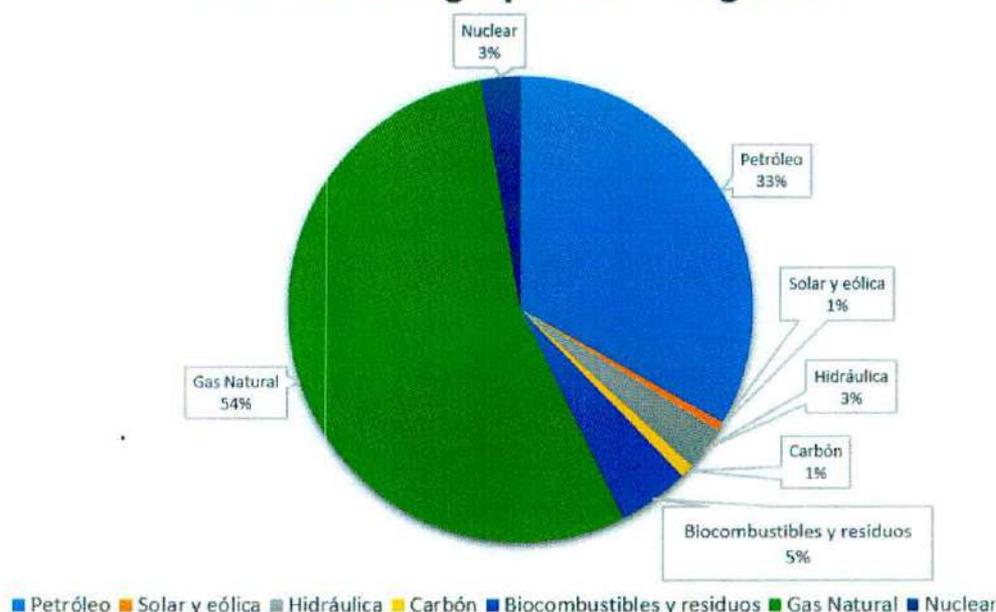


Ilustración 5 - Matriz energética Argentina actualizada al año 2.019 Fuente: IEA.

La energía hidráulica (3%) y otras renovables como biocombustibles y residuos (5%) y la nuclear (3%) han crecido en los últimos cuarenta años debido a que fueron utilizadas para generar electricidad. La energía eólica y la energía solar han crecido sobre la oferta total de energía del país llegando al 1%, progresivamente adquieren mayor relevancia para la generación de energía eléctrica y se espera que en los próximos años aumenten su participación en la matriz energética total.

La disponibilidad de recursos en Argentina es muy variada, cuenta de yacimientos de petróleo y gas natural, recientemente se comenzó a explotar el yacimiento Vaca Muerta que ha posibilitado disminuir la crisis energética que venía preocupando al sector energético hasta el 2015, que debía utilizar fuel oil, gas oil y gas natural para cubrir la creciente demanda de energía, de esta manera con el potencial del gas natural y una marcada suba en el ingreso de centrales de energías renovables (solar y eólica) al sistema eléctrico se está tendiendo a disminuir el uso de derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica, combustible que genera excesivos gases de efecto invernadero que afectan al medio ambiente.

Argentina dispone de excepcionales condiciones para el desarrollo de energías renovables, según la Asociación Argentina de Energía Eólica, Argentina dispone de vientos de más de 6 m/s en el 70% de su territorio, con una dirección y constancia tal que permiten obtener factores de capacidad del 35% y superiores.

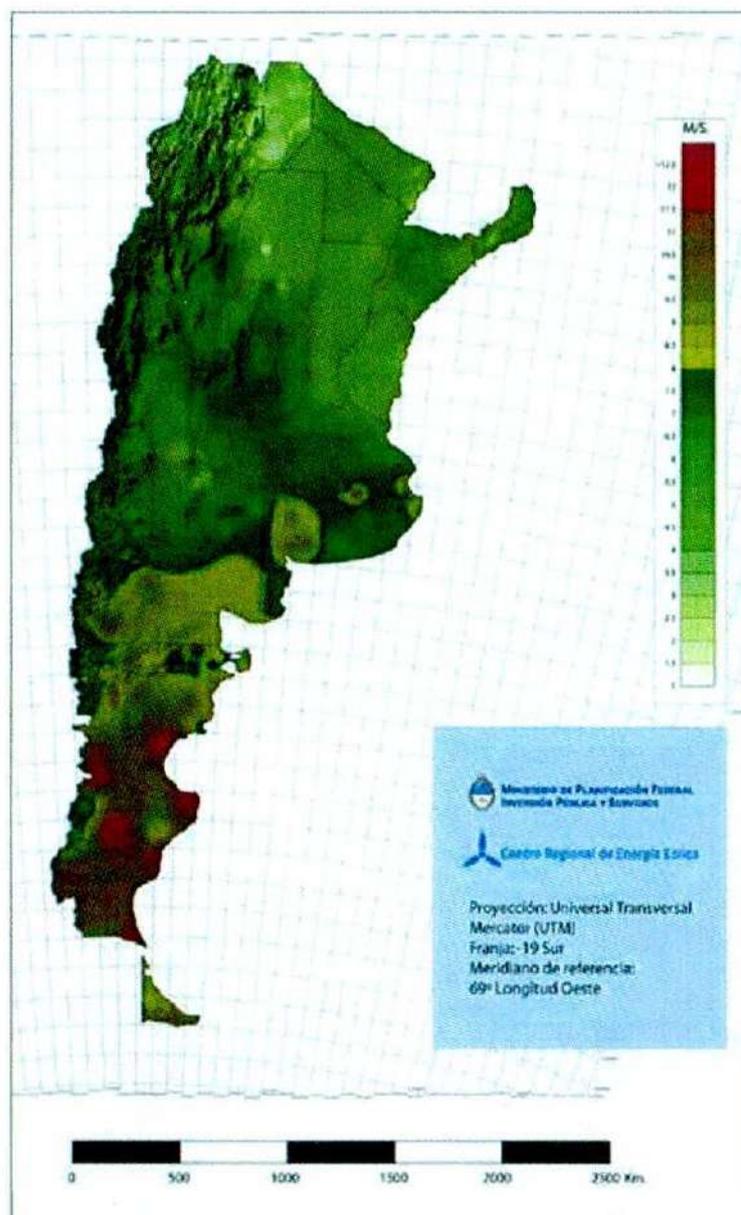


Ilustración 6 - Mapa del potencial eólico argentino.

En el caso de generación solar fotovoltaica, según el Atlas de Energía Solar de la República Argentina, más de la mitad del territorio

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

nacional recibe una irradiación solar media anual superior a los 3,5 kwh/m², lo que lo hace técnicamente viable para su explotación.

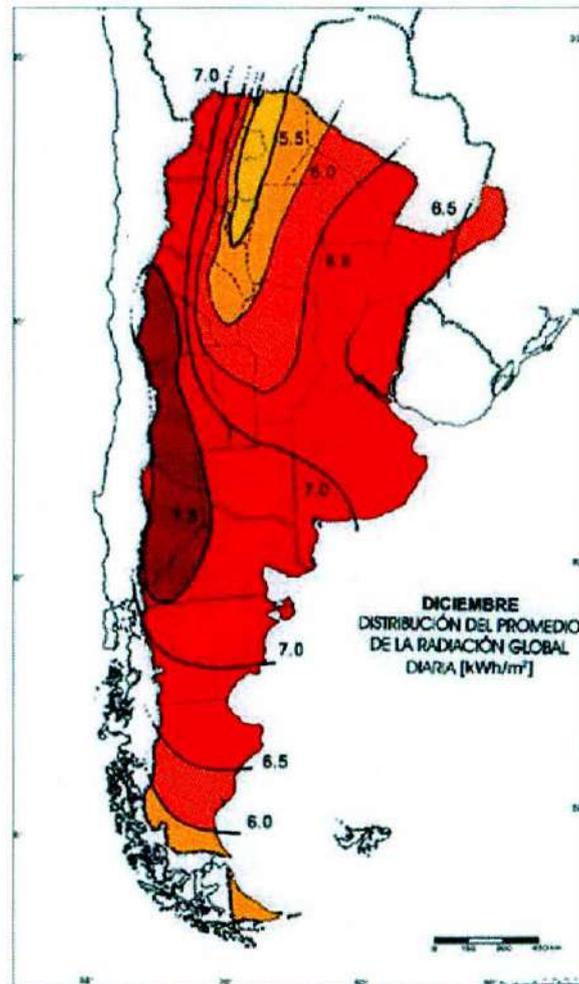


Ilustración 7 - Irradiación solar promedio del mes de diciembre. Fuente: Atlas de la Republica Argentina Hugo Grossi Gallegos / Raul Righini

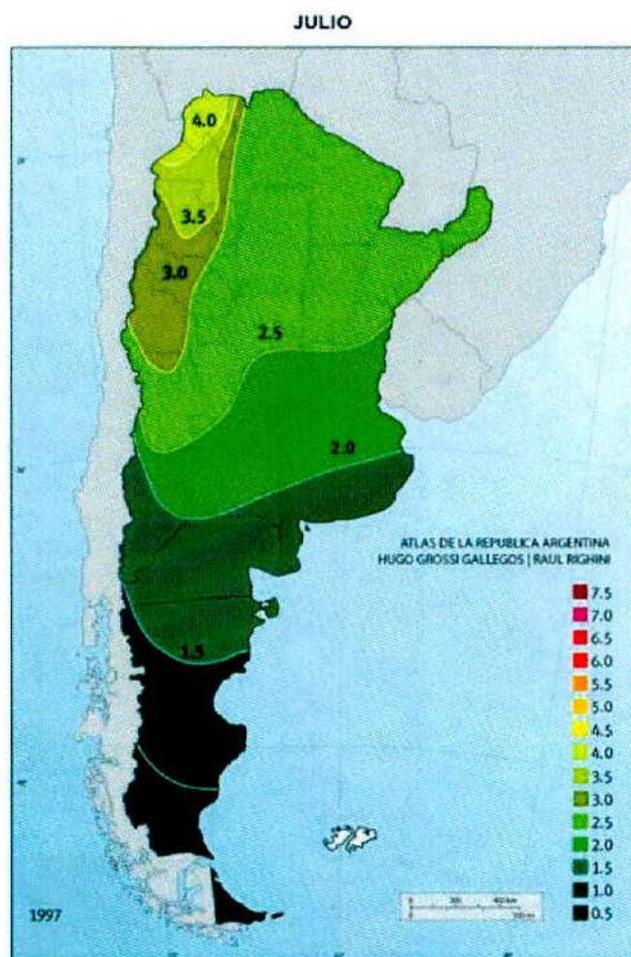


Ilustración 8 - Irradiación solar promedio del mes de Julio. Fuente: Atlas de la Republica Argentina Hugo Grossi Gallegos / Raul Righini

2.3. Matriz de generación eléctrica en Argentina

Es importante para el contexto de este informe conocer como aportan las distintas fuentes de generación de Energía Eléctrica del Mercado Eléctrico Argentino siguiendo con los conceptos de la importancia de un cambio hacia una matriz renovable. En la actualidad se observa que la mayor parte de la generación eléctrica es a través de centrales térmicas no renovables (60%), seguido por la hidráulica (19%) y posteriormente renovables (14,2%) y nuclear (7%).

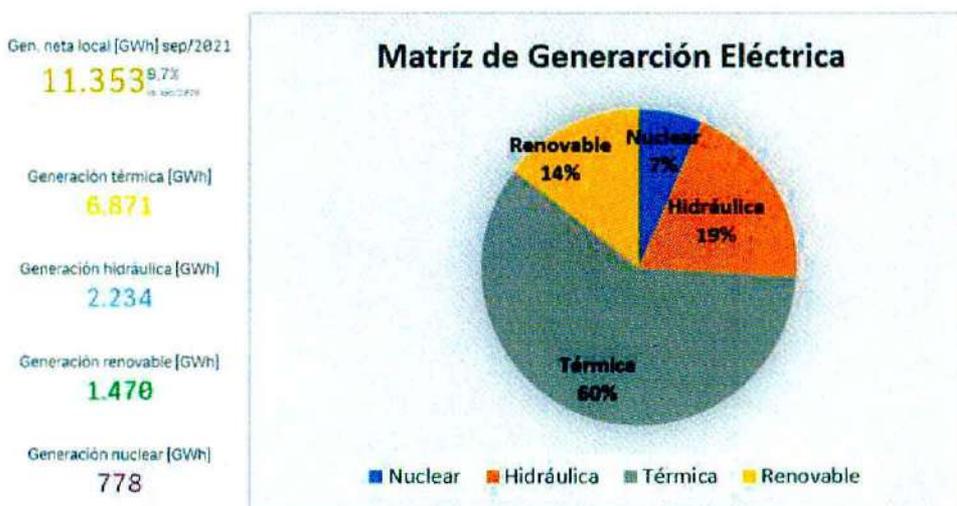


Ilustración 8 -Matriz de Generación eléctrica en Argentina Sep-21. Fuente: Cammesa

Se observa en los últimos años una tendencia al aumento de la participación de las energías renovables, principalmente en eólica y solar con el ingreso de nuevos parques a la red. El mismo se puede observar en la siguiente figura:

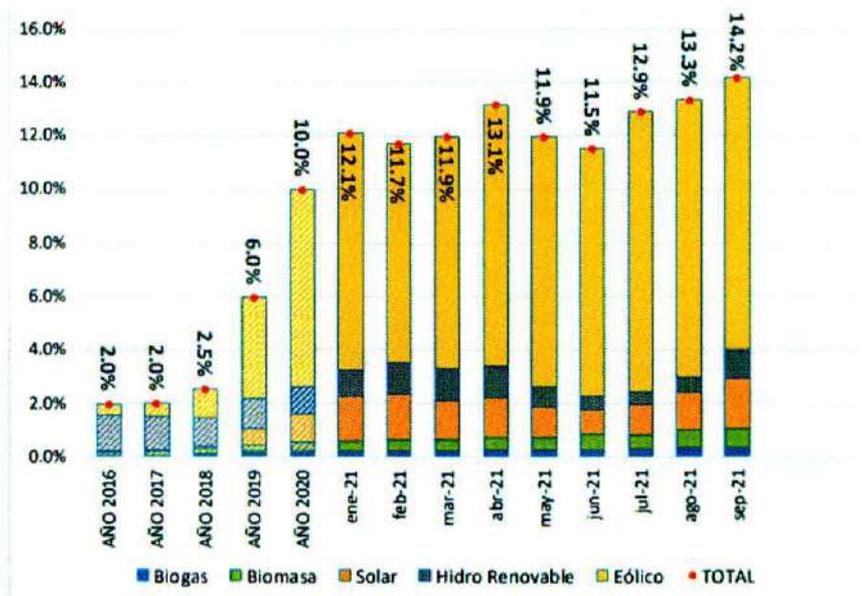


Ilustración 9 - Participación de energías renovables Fuente: Cammesa

2.4. Importancia de un cambio de matriz

Es notable que así como el mundo, Argentina requiere un cambio radical de su matriz energética primaria y secundaria.

Argentina dispone de grandes reservas de gas natural, pues no descartamos que seguiría siendo una de las fuentes más utilizada, lo ideal sería ir disminuyendo su utilización paulatinamente, pudiendo vender el excedente al mercado externo.

En cuanto a la energía nuclear, genera grandes repercusiones en cuanto a seguridad y disposición final de sus desechos, pero es una fuente de generación limpia, pues no genera gases de efecto invernadero, además con una política con visión a futuro es una gran inversión inicial pero que una vez que está en marcha generaría mucha energía a bajo costo. Otra ventaja de esta fuente en Argentina es que en nuestro país tenemos el desarrollo tecnológico y el personal capacitado para llevar a cabo este tipo de proyectos, así como grandes reservas de Uranio que es uno de los combustibles utilizados para el proceso de generación de energía nuclear.

Es importante aumentar la utilización de energías renovables como la eólica y la solar. Son necesarias para cambiar la dependencia de los recursos fósiles. Estos tipos de sistemas también tienen la particularidad de poder llevarse a cabo en edificios residenciales, comerciales, industriales, públicos, etc., lo cual es un punto fuerte para aumentar su utilización si se lograra promover la autogeneración y concientizar en el cuidado del medio ambiente. Los sistemas de autogeneración eléctrica de baja potencia llamados "generación distribuida" también ayudarían a descargar las líneas de transmisión generando energía en el lugar donde se consume.

La gran diversidad de factores climáticos en nuestro país hace tener zonas óptimas para cada tipo de generación. Sin ir más lejos, Argentina es uno de los países con mayor potencial eólico del planeta. En

la región patagónica los vientos soplan de manera intensa y frecuente, a una velocidad que supera el doble del mínimo necesario para generar electricidad.

Para recorrer un camino hacia una nueva matriz energética limpia de emisiones deberíamos basarnos en reforzar elementos como las fuentes renovables de energía, el uso racional y eficiente de la energía, y el cuidado del ambiente.

CAPÍTULO III - Proyecto “Gimnasio Sustentable”

Cuando se comenzó a pensar la idea de llevar a cabo el diseño del gimnasio sustentable, se desarrollaron documentos y se realizó un seguimiento de las distintas etapas del proyecto desde su nacimiento en el aula de proyecto final. Desde entonces se prepararon los documentos que refieren a las distintas etapas del proyecto, partiendo del anteproyecto, para luego avanzar con el proyecto y los aspectos económicos y sociales asociados al mismo.

Este capítulo tiene como objetivo mostrar las herramientas de gestión y diseño que debieron ser utilizadas para desarrollar el presente trabajo presentado como proyecto final de la carrera con los criterios de evaluación y planificación de proyectos obtenidos en la cátedra Proyecto Final.

3.1. Plan de Diseño

Para poder planear y coordinar los recursos y las tareas para alcanzar los objetivos de este proyecto de manera exitosa, se ha desarrollado el siguiente plan de diseño, el mismo tiene distintas etapas de validación y corrección con los tutores, mostrándose la versión final del mismo (Ver documento adjunto PdD02-PlanDeDiseñoGimsus).

Este plan de diseño tiene como objetivo describir las tareas a realizar durante el diseño del gimnasio sustentable, indicando la documentación a suministrar y las acciones necesarias para la ejecución, verificación y validación del diseño.

3.1.1. Listado de tareas

Al momento de la realización de nuestro proyecto final de carrera, nos fue indispensable administrar el recurso tiempo. Por esto en nuestra etapa de planificación del proyecto definimos un conjunto de tareas que listamos y nos sirvieron como herramienta para administrar los tiempos de trabajo en el mismo.

Para resumir las tareas que se debieron realizar para el diseño de este proyecto se confeccionó el siguiente cuadro con las tareas a concretar:

Tarea código	Descripción de la Tarea
001_010	Declaración de la misión.
001_020	Especificación de objetivos.
001_030	Generación de lista de necesidades del cliente.
001_040	Análisis de competitividad en el mercado.
001_050	Elaboración de Especificación de Requerimientos Objetivo.
001_060	Elaboración de Especificación de Requerimientos Finales.
001_070	Generación de conceptos
001_080	Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía mecánica.
001_090	Análisis de principales componentes electromecánicos de las bicicletas.
001_100	Elección de componentes de las bicicletas.
001_110	Ingeniería básica de las bicicletas.
001_120	Ingeniería de detalle de las bicicletas.
001_130	Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía solar fotovoltaica.
001_140	Análisis de generación fotovoltaica esperada en función de los requerimientos.
001_150	Elección de componentes del sistema solar.
001_160	Ingeniería básica y de detalle del sistema de generación solar.
001_170	Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía eólica.
001_180	Análisis de generación eólica esperada en función de los requerimientos.
001_190	Elección de componentes del sistema eólico.

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losío Nicolás, Miranda Juan Manuel

001_200	Ingeniería básica del sistema de generación eólico.
001_210	Pronóstico de generación eléctrica esperada del sistema completo.
001_220	Ingeniería básica del sistema eléctrico general de la instalación.
001_230	Ingeniería básica y de detalle de los componentes estructurales del gimnasio.
001_240	Emisión de la documentación.

Tabla 1 - Listado de tareas

Descripción de las tareas y alcances:

- 001_010 ***Declaración de la misión.***

Se especificó la misión del proyecto en la que se definen las problemáticas afrontadas y la motivación del equipo de trabajo.

- 001_020 ***Especificación de objetivos.***

Se elaboró una especificación que define los objetivos del proyecto con una visión hacia las oportunidades del mercado.

- 001_030 ***Generación de lista de necesidades del cliente.***

En esta tarea se listaron las necesidades del cliente.

- 001_040 ***Análisis de competitividad en el mercado.***

Se realizó un análisis de productos similares al gimnasio sustentable que se encuentran en el mercado.

- 001_050 ***Elaboración de Especificación de Requerimientos objetivo.***

Se elaboró una especificación técnica que define los requerimientos objetivos de diseño, fabricación, montaje, operación y funcionalidad necesarios para el gimnasio sustentable.

- 001_060 ***Elaboración de Especificación de Requerimientos finales.***

Se elaboró una especificación técnica que define los requerimientos finales de diseño, fabricación, montaje, operación y funcionalidad necesarios para el gimnasio sustentable.

- 001_070 ***Generación de conceptos.***

Se realizó la generación de ideas y conceptos, bosquejos y render del producto para el diseño del gimnasio sustentable.

- 001_080 ***Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía mecánica.***

Se identificó y relevó toda la información necesaria para el diseño de las bicicletas y sus principios para generar energía eléctrica.

- 001_090 ***Análisis de principales componentes electromecánicos de las bicicletas.***

Se realizó un análisis de los componentes que sean compatibles con los requerimientos del cliente.

- 001_100 ***Elección de componentes de las bicicletas.***

Se eligieron los componentes que hacen a la funcionalidad del sistema de generación de las bicicletas.

- 001_110 ***Ingeniería básica de las bicicletas.***

Se realizó un listado de componentes, arquitectura básica con modelado en 3D, explicación de la funcionalidad generalizada del sistema de generación de este tipo.

- 001_120 ***Ingeniería de detalle de las bicicletas.***

Se complementa a la ingeniería básica, especificación de materiales y dimensiones, instrucciones de montaje, simulación de inducción magnética por elementos finitos, cálculos mecánicos y eléctricos.

- 001_130 ***Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía solar fotovoltaica.***

Se identificó y relevó toda la información necesaria para el diseño del sistema de generación eléctrica a través de energía solar.

- 001_140 ***Análisis de generación fotovoltaica esperada en función de los requerimientos.***

Se realizó el cálculo de energía eléctrica que generaría el sistema fotovoltaico según los componentes y las condiciones de la región.

- 001_150 ***Elección de componentes del sistema solar.***

Se eligieron los componentes que hacen a la funcionalidad del sistema de generación fotovoltaico.

- 001_160 ***Ingeniería básica y de detalle del sistema de generación solar.***

Se realizó un listado de componentes, arquitectura básica con modelado en 3D, explicación de la funcionalidad generalizada del sistema de generación de este tipo. Se realizó una ingeniería de detalle con cálculo y selección de componentes.

- 001_170 ***Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía eólica.***

Se identificó y relevó toda la información necesaria para el diseño del sistema de generación eléctrica a través de energía eólica.

- 001_180 ***Análisis de generación eólica esperada en función de los requerimientos.***

Se realizó el cálculo de energía eléctrica que generaría el sistema eólico según los componentes y las condiciones de la región.

- 001_190 ***Elección de componentes del sistema eólico.***

Se eligieron los componentes que hacen a la funcionalidad del sistema de generación eólico.

- 001_200 ***Ingeniería básica del sistema de generación eólico.***

Se realizó un listado de componentes, arquitectura básica con modelado en 3D, explicación de la funcionalidad generalizada del sistema de generación de este tipo.

- 001_210 ***Pronóstico de generación eléctrica esperada del sistema completo.***

Se realizó el cálculo de energía eléctrica que generaría el gimnasio sustentable según los componentes y las condiciones de la región.

- 001_220 ***Ingeniería básica del sistema eléctrico general de la instalación.***

Se realizó un listado de componentes, arquitectura básica, diagrama unifilar y topográfico.

- 001_230 *Ingeniería básica y de detalle de los componentes estructurales del gimnasio.*

Se realizó un listado de componentes, arquitectura básica. Se realizó una ingeniería de detalle con modelado en 3D, memoria de cálculo de la estructura y verificación estructural.

- 001_240 *Emisión de la documentación.*

Se emitió este documento correspondiente al proyecto final de la carrera ingeniería electromecánica.

3.1.2. Diagrama de Gantt

Para poder asignar los recursos y planear tiempos de las tareas a realizar para diseñar este proyecto, utilizamos el diagrama de Gantt como una de las herramientas de planificación de tiempos y de relación entre tareas, logrando así enmarcar el proyecto del gimnasio sustentable y la elaboración de este informe en los periodos 2020 - 2021.

3.1.3. Especificaciones de requerimientos

El objetivo de este apartado es describir las especificaciones del producto a desarrollar que deben ser tenidas en cuenta para el diseño del producto "Gimnasio Sustentable" según las necesidades del cliente.

Este documento alcanza a las etapas de especificación de requerimientos del plan de diseño del proyecto gimnasio sustentable, en la cual intervienen las siguientes áreas temáticas: Ing. De Fabricaciones, Ing. Industrial, Ing. Electromecánica.

Para discriminar los distintos tipos de requerimientos solicitados por el cliente los mismos se clasificaron de la siguiente manera:

- a) RFG: Requerimiento funcional general: Son importantes para el funcionamiento del sistema.
- b) RNFG: Requerimiento no funcional general: Son para cubrir necesidades que no hacen al funcionamiento del sistema.
- c) RFE: Requerimiento funcional específico: Hacen al funcionamiento, tienen una métrica.
- d) RNFE: Requerimiento no funcional específico: No hacen al funcionamiento, pero tienen una métrica.

Código Requerimiento	Descripción de la especificación
RFG	Requerimientos Funcionales Generales
RFG_000	El gimnasio debe estar diseñado para estar al exterior (Anti vandalismo - Condiciones Climáticas Adversas).
RFG_010	Las bicicletas deben poder utilizarse por adolescentes y/o adultos.
RFG_020	El sistema de inversores debe ser adecuado para soportar los paneles fotovoltaicos, el generador eólico y los generadores de las bicicletas.
RFG_030	El generador eólico debe ser de baja potencia.

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

RFG_040	El generador eólico debe tener la capacidad de orientarse respecto a la dirección del viento.
	El sistema eléctrico debe contar con:
RFG_050	Protección contra sobretensiones tanto en el lado de alterna como de continua.
RFG_060	Interruptor termo magnético del lado de alterna.
RFG_070	Interruptor diferencial de corriente del lado de alterna
RFG_080	Seccionador único para las bicicletas.
RFG_090	Seccionador único para los paneles.
RFG_100	Tablero eléctrico para componentes de CC diferenciado del tablero eléctrico para componentes de CA.
RFG_110	Tiene que haber un circuito específico para iluminación del gimnasio.
RNFG	Requerimientos No Funcionales Generales
RNFG_010	El diseño de la bicicleta se realizará considerando que la misma estará a la intemperie y ante posibles vandalismos.
RNFG_020	Se considerarán, en lo posible, componentes estándar disponibles y que sean comercializados por proveedores nacionales.
RNFG_030	No deben quedar cables expuestos para evitar vandalismo y para seguridad de las personas.
RNFG_040	Los componentes eléctricos deben estar a resguardo.
RNFG_070	Debe ser una instalación con facilidad para realizar los mantenimientos.
RNFG_080	En el techo del gimnasio debe haber un soporte de guía para que el encargado de mantenimiento ate la cuerda de vida.
RNFG_090	El gimnasio debe estar pintado con pintura que evite que la misma se oxide.
RNFG_100	El piso del gimnasio deberá ser de aglomerado.
RFE	Requerimientos Funcionales Específicos
RFE_000	La potencia del aerogenerador debe ser \leq a 1500 W
RFE_010	La instalación debe contar con 10 paneles solares de 325 Wp
RFE_020	La instalación debe contar con 10 bicicletas fijas cuya potencia unitaria sea \geq 80 W
RFE_030	La superficie disponible para la estructura de los paneles fotovoltaicos y el aerogenerador es de 12,0 m x 2,5 m

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

RFE_040	La distancia mínima entre bicicletas debe ser de 0,8 m.
RFE_050	La conexión de los paneles fotovoltaicos debe ser en serie, la tensión del sistema debe ser igual a 10 veces la tensión de cada panel.
RFE_060	El ángulo de inclinación de los paneles será de 37.5°, ángulo óptimo de captación anual proporcionado por el software de la NASA para la ubicación tentativa del proyecto.
RNFE	Requerimientos No Funcionales Específicos
RNFE_010	El sistema debe estar montado en un contenedor marítimo de 12,0 m x 2,5 m
RNFE_020	El sistema de sujeción de los paneles debe soportar ráfagas de hasta xxx km/h
RNFE_030	Las luminarias del gimnasio deben ser tecnología LED
RNFE_040	La instalación deberá contar con al menos 5 puertos USB para carga de celulares.
RNFE_050	El color de la estructura debe ser un tono RAL 6038 o similar
RNFE_060	Se utilizará la compuerta lateral original del contenedor para acceder a la sala de componentes eléctricos, la misma es de 2.5 m x 2.9m
RNFE_070	Sobre el piso de la estructura se deberá colocar una alfombra de césped sintético.

Tabla 2 - Especificación de requerimientos

3.1.4. Análisis competitivo

Quando comenzamos a pensar en la idea de diseñar el "Gimnasio Sustentable", analizamos que competencias se encuentran en el mercado, y si eran similares a lo que proyectábamos, por esto realizamos un análisis competitivo de mercado donde concluimos que nuestro proyecto es transversal y/o supera a otros diseños como los que se mencionan a continuación:

Gren Gym:

Es un gimnasio que aprovecha la fuerza física y mecánica de los usuarios durante sus rutinas de ejercicio para generar energía eléctrica. Inició su andadura en 2010 con la apertura de tres centros oficiales funcionando bajo este modelo sostenible de gimnasio en el estado de Oregón, EEUU, y desde entonces consiguen un ahorro anual de un 85%

de energía en comparación con lo consumido por un gimnasio convencional. Según los reportes registrados por los responsables, un usuario medio puede generar entre 50 y 150 watts en una sesión de 30 minutos de ejercicio.



Ilustración 10 – Gimnasio Gren Gym

Observaciones

- La energía generada es utilizada solo para alimentar el consumo del propio gimnasio.
- No cubren el 100% de la energía que demanda un gimnasio promedio.
- No tiene batería para el almacenamiento de la energía.

Parque Olímpico Queen Elizabeth:

Es una empresa familiar que fabrica gimnasios ecológicos en el Reino Unido. Tienen alrededor de 1000 gimnasios al aire libre en parques locales, parroquias en Londres y cerca de la playa de Bondi, Australia.



Ilustración 11 - Parque Olímpico Queen Elizabeth

Observaciones:

- Ejercitadores de baja potencia utilizados para cargar dispositivos electrónicos.
- Presentan una computadora central donde se registra lo que se va generando.
- Son diseñados para estar a la intemperie.
- No presentan conexión a la red.

MoveWatts Eco Gym Club:

Es un gimnasio ecológico ubicado en España que utiliza maquinaria de cardio que transforma el esfuerzo en energía eléctrica. Este gimnasio tiene la particularidad de que la energía generada por el usuario se convierte en beneficios para sus clientes. Descuentos en servicios y productos, promociones especiales cuanto más energía se genera.

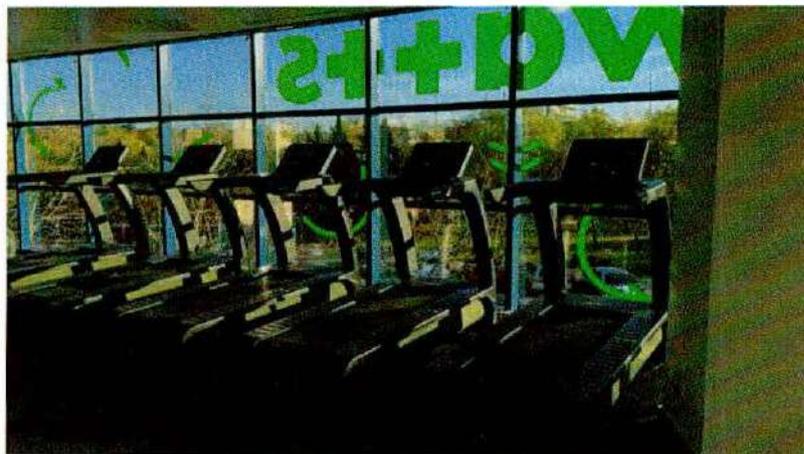


Ilustración 12 - MoveWatts Eco Gym Club

Observaciones:

- Beneficiar a los usuarios que generen energía.
- No presentan conexión a la red.

-Lo que se genera de electricidad es para abastecer el consumo energético del gimnasio.

Estación Fluvial de Tigre (Argentina):

En la plaza de la Estación Fluvial de Tigre se instalaron en 2018 ejercitadores donde las personas pueden hacer ejercicio y, a la vez, recargar sus celulares generando energía sustentable. Se trata de tres tipos de bicicletas con un espacio disponible para depositar el celular y cargarlo mientras se entrena, a través de un puerto USB que lleva.



Ilustración 13 - Estación Fluvial de Tigre (Argentina)

Observaciones:

- No presentan conexión a la red.
- Trabajan a bajas RPM
- No presentan multiplicadores de velocidad.

3.1.5. Comparación de prototipos para el diseño de las bicicletas:

Para este proyecto se identificó que el principal componente crítico del gimnasio es el generador propio con el que debería contar cada bicicleta, por esto se decidió realizar un análisis de las posibles soluciones

encontradas para el diseño de las mismas, concluyendo en que la opción más innovadora es la de diseñar un generador propio.

1) Generación de energía a partir de un alternador de auto.

Ventajas:

- Existe una gran variedad de modelos comerciales.
- Facilidad en encontrar las curvas de potencia del producto.
- Son económicos.
- Vienen con regulador incluido, a la salida tenemos 12v para ser conectados al inversor directamente.

Desventajas:

- Necesitan fuerzas mayores a las que puede entregar una persona para lograr valores considerables de energía.
- Necesitan de una batería para alimentar el campo del rotor.
- No están preparados para trabajar a la intemperie.
- En promedio todos los alternadores para generar 100w necesitan alcanzar revoluciones superiores a las 1000rpm

2) Generación de energía a partir de un alternador de moto.

Ventajas:

- Tienen imanes permanentes en su rotor por lo tanto no necesitan de una batería externa para su funcionamiento.
- Son más compactos que un alternador de auto.
- Son económicos.

- Se puede usar el mismo regulador de moto para obtener 12v de salida.
- Son generadores sin escobillas (requieren menor mantenimiento).
- Requieren menores fuerzas para generar energía.

Desventajas:

- Trabajan a mayores revoluciones que los alternadores de auto.
- Se tienen que utilizar multiplicadores para lograr mayores revoluciones.
- Un generador de 8 polos genera 30W a 600rpm.

3) Generación de energía a partir de un dinamo.

Ventajas:

- Existe una gran variedad de modelos comerciales.
- Tienen imanes permanentes en su estator por lo tanto no necesitan de una batería externa para su funcionamiento.

Desventajas:

- Presentan ciertos mantenimientos a causa del desgaste de las escobillas.
- La generación y el transporte de energía eléctrica sería en continua, podría presentar grandes pérdidas o la utilización de cables de mayor diámetro.
- Son costosos.

4) Generación de energía a partir de la invención de un generador de imanes permanentes.

Ventajas:

- Se puede diseñar un generador sin escobillas.
- Se pueden adaptar a distintas bicicletas fijas.
- Los materiales se pueden economizar para su diseño.
- Generación a bajas rpm.
- Se utiliza un volante de inercia como rotor.
- El generador puede ser trifásico para disminuir las pérdidas y transportar la energía en corriente alterna.

Desventajas

- Mayor complejidad y profundidad en la ingeniería de diseño.
- Requiere de especializarse y dedicar más tiempo de este proyecto en diseño de máquinas eléctricas.

3.1.6. Matriz de decisión generador de las bicicletas

Dentro de la etapa de evaluación y selección del concepto, para evaluar criterios del proyecto con respecto a las necesidades del cliente, se ha elaborado una matriz de decisión de un elemento crítico del mismo como lo es el generador eléctrico con el que deben contar las bicicletas, comparando los puntos fuertes y los débiles, y así seleccionar la mejor opción alternativa.

De esta manera se han evaluado las siguientes 4 alternativas de generadores eléctricos:

- 1) Generador de auto.

- 2) Generador de moto.
- 3) Dinamo.
- 4) Diseño de un generador de imanes permanentes.

Los distintos sistemas alternativos se calificaron por el método de evaluación ponderada con el siguiente régimen de calificación:

Desempeño	Calificación
Insuficiente	1
Regular	2
Suficiente	3
Notable	4
Sobresaliente	5

La matriz de decisión se elaboró a partir de los criterios más relevantes especificados por el cliente y quedó determinada de la siguiente manera:

Matriz de decisión			A		B		C		D	
			Alternador de auto		Alternador de moto		Dinamo		Diseño de imanes permanentes	
Elegir sistema de generación de energía eléctrica para las bicicletas										
N°	Criterio de selección	Peso	Calif.	Eval. Pond.	Calif.	Eval. Pond.	Calif.	Eval. Pond.	Calif.	Eval. Pond.
1	Facilidad de generación a bajas RPM	20%	2	0,4	1	0,2	3	0,6	4	1
2	Facilidad en el montaje	15%	3	0,45	3	0,45	3	0,45	5	0,75
3	Generación a bajo torque	20%	1	0,2	3	0,6	2	0,4	4	0,8
4	Adaptable a volante de bicicleta comercial	10%	1	0,1	3	0,3	3	0,3	4	0,4
5	Mantenimiento de componentes	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3
6	Costo del sistema	10%	3	0,3	4	0,4	2	0,2	2	0,2
7	Optimización de tiempo de diseño en el proyecto	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Total		100%	2,35		2,85		2,85		3,7	
Total Ponderado			47		57		57		74	

Los resultados de la matriz de decisión han sido de importancia al momento de avanzar con el diseño del producto, hemos concluido que la mejor opción alternativa es la de diseñar un generador eléctrico de imanes permanentes.

CAPÍTULO IV - Diseño de bicicletas generadoras

4.1. Diseño de las bicicletas

Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo es utilizado para convertir energía mecánica en energía eléctrica, se denomina generador, cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica, se llama motor.

Los generadores son necesarios para suministrar energía eléctrica a un sistema eléctrico, la que se utilizará para convertirla según el uso necesario, en energía mecánica para motores, térmica para sistemas de calefacción, lumínica, entre otras.

Los generadores eléctricos se diferencian según el tipo de corriente que producen, dando lugar a dos grandes grupos: los alternadores y las dinamos. Los alternadores generan electricidad en corriente alterna y las dinamos generan electricidad en corriente continua.

Las máquinas de corriente alterna (AC) son los generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de corriente alterna. Existen dos clases principales de máquinas de corriente alterna: las máquinas sincrónicas y las de inducción. Las máquinas sincrónicas son motores y generadores cuya corriente de campo magnético es suministrada por una fuente de corriente continua, mientras que las máquinas de inducción son motores y generadores cuya corriente de campo magnético es suministrada por inducción magnética en sus devanados de campo.

El generador de corriente alterna se basa en el aprovechamiento de los fenómenos de la inducción electromagnética para la generación de energía eléctrica, transforma energía mecánica en energía eléctrica gracias a la interacción de sus componentes principales: el rotor y el estator. Cuando está en funcionamiento, una de las partes genera un flujo

magnético (inductor) para que el otro lo transforme en electricidad (inducido).

Generador sincrónico de imanes permanentes

Un generador de imanes permanentes es un generador sincrónico en el que se ha sustituido el bobinado de excitación, normalmente en el rotor, por un sistema formado por imanes permanentes que suministran un campo de excitación constante, es común su utilización en generadores eólicos de baja potencia.

La principal ventaja es su simplicidad, la fabricación y montaje del rotor es más barata si se usan imanes permanentes y no necesitan mantenimiento ya que no llevan escobillas. Además, al no necesitar sistemas para su excitación se obtienen sistemas de gran eficiencia en la conversión.

Las principales ventajas que tiene este generador son:

- Bajo par de arranque.
- Eficiencias eléctricas y mecánicas muy elevadas.
- Tamaño compacto, bajo nivel de ruido y de vibraciones.
- Simple de fabricar y ensamblar.
- La construcción es modular.
- Diseño es escalable.

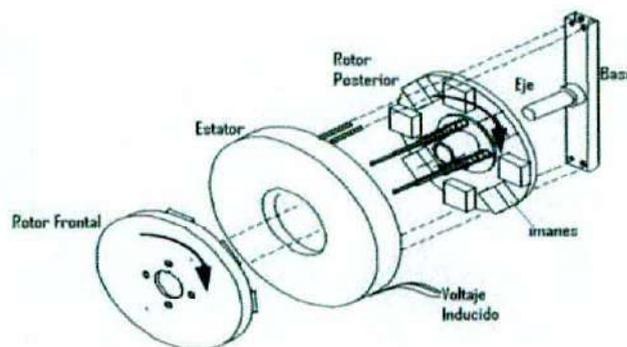


Ilustración 14 - Generador de Imanes Permanentes

El lazo de histéresis es variable de acuerdo con el material, si se desea que el material retenga la mayor remanencia posible, para obtener un imán permanente de elevada potencia, el lazo debe transformarse en un rectángulo. Es decir, la parte importante de la curva de histéresis es la situada en el segundo cuadrante pues su flujo remanente y el campo magnético coercitivo deben ser tan grandes como sea posible para que su campo magnético tenga mayor densidad y se prolongue por un periodo largo.

Los imanes más utilizados para estas aplicaciones debido a sus propiedades son los de neodimio, es el resultado de una aleación de neodimio, hierro y boro, combinados para formar un compuesto de elevadas fuerzas magnéticas.

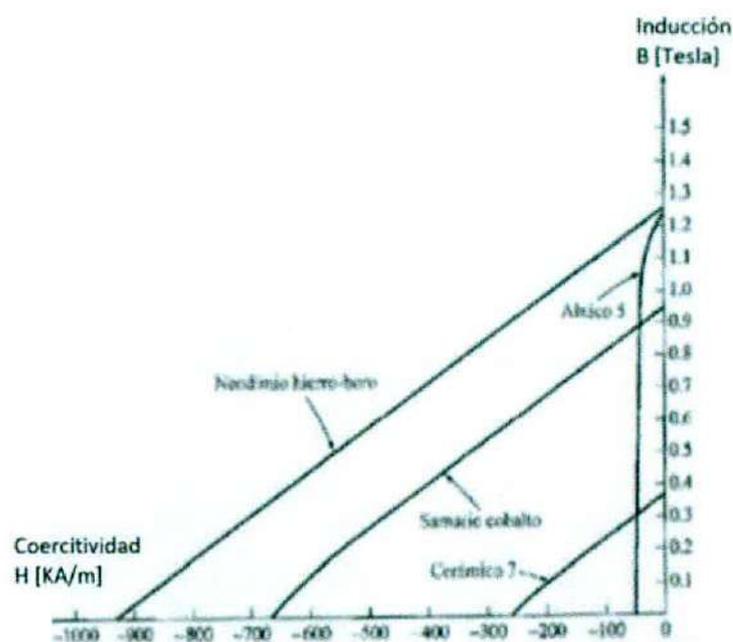


Ilustración 16 - Curva de magnetización materiales típicos

Se observa el segundo cuadrante de las curvas de magnetización de algunos de los imanes permanentes, donde se ve que la curva del neodimio combina un alto flujo remanente y alta intensidad de campo magnético coercitivo.

Tipos de generadores de imanes permanentes.

En los generadores de imanes permanentes se tiene una fila de imanes concéntricos que se mueven con una velocidad circular respecto al eje de rotación.

Según sea el eje de giro, los generadores se clasifican en dos tipos, de flujo axial y de flujo radial:

- Generadores de flujo axial: el eje de giro es paralelo al campo magnético de los imanes.
- Generadores de flujo radial: el eje de giro es perpendicular al campo magnético de los imanes.

Las nomenclaturas "flujo axial" y "flujo radial" no son físicamente correctas, ya que el flujo es una magnitud escalar y por tanto no puede tener sentido axial ni radial, pero esta terminología se ha establecido como distintiva de los dos tipos de generadores.

En los generadores de flujo axial, los imanes se disponen sobre un disco que gira alrededor de un eje perpendicular que pasa por su centro. De esta manera el campo magnético de los imanes es paralelo al eje de giro.

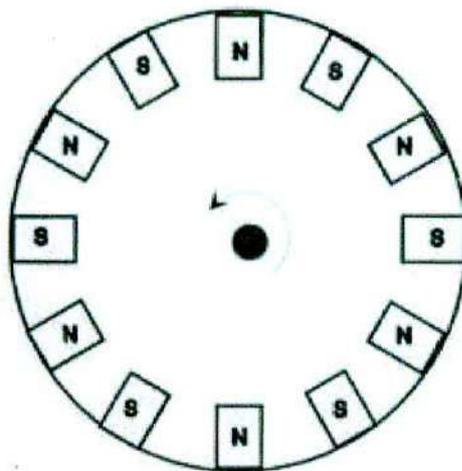


Ilustración 17 - Generador de imanes permanentes de flujo axial

En los generadores de flujo radial, los imanes se colocan sobre la superficie de un cilindro que gira alrededor de su propio eje. En este caso el campo magnético de los imanes es perpendicular al eje de giro, y por tanto va en dirección radial.

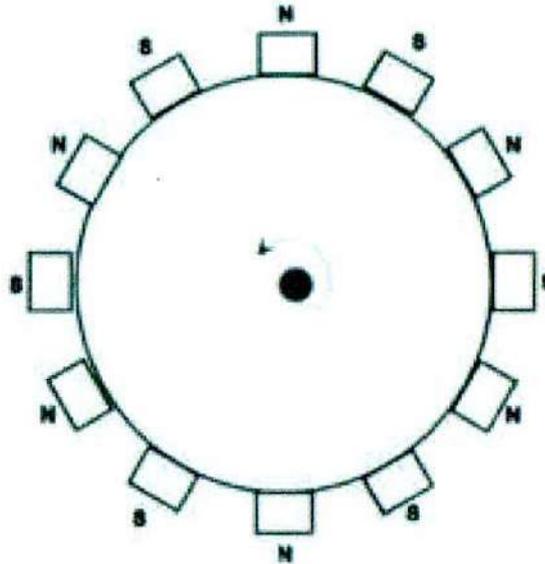


Ilustración 18 - Generador de imanes permanentes de flujo radial

4.2. Criterios de diseño del generador eléctrico

Se optó por el diseño de un generador de imanes permanentes debido a su alta eficiencia al eliminar las corrientes de excitación y las pérdidas que éstas generan, así como disminuyen las pérdidas en el cobre del rotor y por lo tanto no es necesario un sistema de refrigeración. Además, es una máquina con alta relación de potencia en función de su peso.

Se decidió avanzar con el diseño de un generador de flujo axial por sobre uno de flujo radial debido a que el de flujo radial requiere una disposición de los imanes en la superficie exterior del plato del rotor que hace compleja su fabricación y elección de componentes estándar, en cambio, en el de flujo axial los imanes van pegados sobre el lateral del plato logrando una mejor distribución geométrica de los polos.

Principio de funcionamiento

El generador de flujo axial diseñado se compone de dos rotores metálicos, uno frontal con forma de volante de inercia y uno en la parte posterior unida mecánicamente al rotor frontal, ambos giran solidarios al mismo eje, entre ellos un estator fabricado en resina sujeto de forma mecánica a la estructura de la bicicleta.

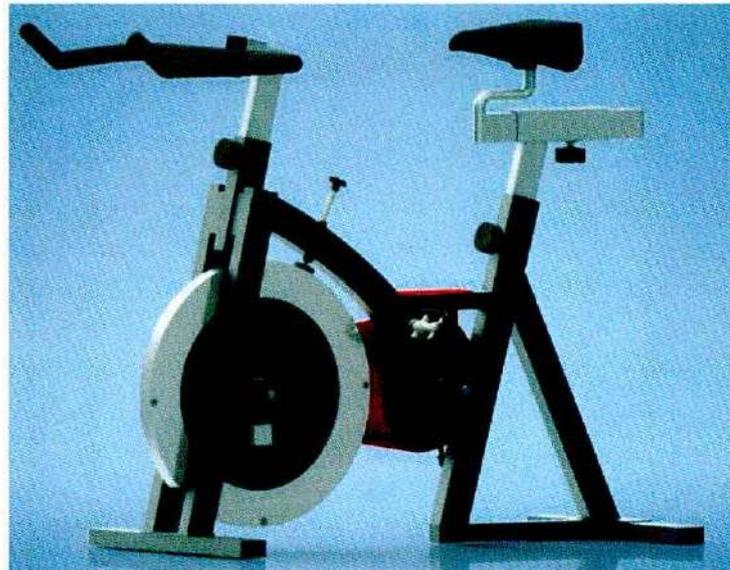


Ilustración 19 - Generador de la bicicleta

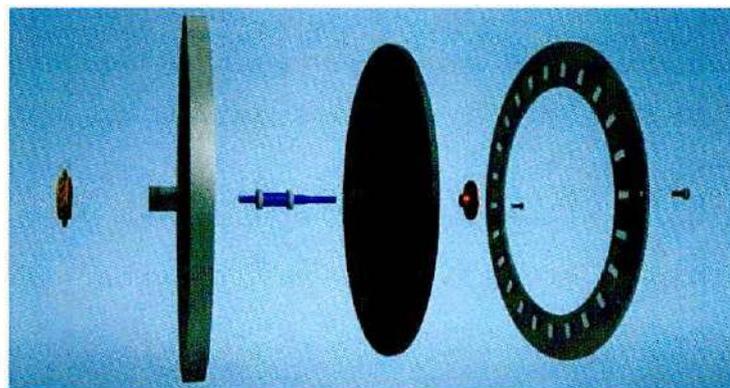


Ilustración 20 - Despiece generador de la bicicleta

En el estator se alojan bobinas de alambre de cobre, en las cuales se induce el voltaje producto del flujo variable que produce el campo magnético de los imanes permanentes ubicados en los rotores frontal y

posterior. El flujo magnético pasa por las bobinas en dirección paralela al eje de la máquina.

Utilizar dos rotores tiene la ventaja de cancelar las fuerzas actuantes sobre el estator, además esto minimiza la inductancia de dispersión en el entrehierro.

Los imanes permanentes se ubican en los rotores manteniendo la concentricidad con el centro de las bobinas del estator, de forma tal que el flujo magnético pasa de un rotor a otro, atravesando las bobinas del estator. Al pedalear y hacer girar el eje del rotor, se induce el voltaje alterno en las bobinas.

Se optó por utilizar imanes permanentes debido a que eliminan las pérdidas en el devanado de excitación, factor que en otro tipo de máquinas suele ser elevado.

El voltaje alterno inducido en los bornes del generador, será rectificado y regulado mediante un regulador eólico para convertirlo en corriente continua.

Memoria de cálculo del generador:

Cálculo del número de polos y bobinas:

El número de polos que presentará el generador está relacionado con la frecuencia de trabajo a la que queremos que funcione el equipo y la tensión que se va a generar, así como con las revoluciones por minuto que alcanzará el generador.

La fórmula que relaciona la velocidad de giro del rotor con el número de polos es la siguiente:

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

Donde:

n = velocidad de rotación del rotor (RPM)

f = frecuencia (Hz)

p = n° de pares de polos

Para calcular el número de polos de cada rotor, teniendo en cuenta una frecuencia de salida esperada de 50 Hz y una velocidad de rotación del rotor promedio de 255 rpm (equivalente a 85 rpm de cadencia de una persona), obtenemos:

$$p = \frac{60 \times f}{n}$$

$$p = \frac{60 \times 50 \text{ Hz}}{255 \text{ RPM}}$$

$$p = 11,8 \text{ pares de polos}$$

Para el diseño propuesto se redondea a 12 pares de polos por rotor, concluyendo en que cada rotor tendrá 24 imanes colocados geoméricamente distribuidos alternando sus polaridades. Teniendo en cuenta que el diseño contempla 2 rotores se tiene una cantidad total de 48 imanes.

El número de bobinas en el estator quedará determinado de tal forma que el alternador genere una tensión trifásica, para lo cual es necesario que estén desfasadas 120° eléctricos.

La cantidad de bobinas final se calcula de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{Bobinas} = \frac{3}{4} \times 2 \times p = \frac{3}{4} \times 2 \times 12$$

$$N^{\circ} \text{Bobinas} = 18$$

El generador contará con 18 bobinas, que por el hecho de ser trifásico se compondrá de 6 bobinas por fase, más adelante en el documento se determinará el tipo de conexión de las mismas en función de las tensiones que se desean obtener.

Selección de los imanes:

El tipo de imanes utilizados para el generador se eligió según sus cualidades magnéticas optando por un imán de neodimio N42 cuya remanencia es de 14500 Gauss cada uno, siendo éstos los de mayor flujo que se encontraron en el mercado nacional. Tienen forma prismática y sus medidas son de 20 mm alto(A) mm x 10 mm ancho (B) x 3 mm de espesor (C).



Ilustración 21 - Medidas STD imanes

Por lo que para el generador utilizaremos 48 imanes de neodimio N42, los cuales se distribuirán geoméricamente en los dos rotores del diseño, utilizando 24 imanes por rotor.

Fuerza electromotriz inducida en las bobinas

Al girar, los imanes pegados al rotor generan un campo magnético variable en las 18 bobinas del estator cuyas líneas de campo son paralelas al eje de la máquina, generando una tensión inducida alterna en las bobinas de cobre producto del mismo flujo variable generado por la rotación.

La fuerza electromotriz inducida en las bobinas se puede obtener a partir de la Ley de Lorentz, que desarrolla el modelo matemático para calcular la fem inducida en un conductor móvil en el centro de un campo

magnético. En este caso, son los imanes los que se mueven por delante de las bobinas, pero puede considerarse que éstos están quietos y son las bobinas las que giran en el sentido contrario, enfrente de los imanes.

Es posible obtener la fem inducida en un segmento de conductor que se mueve con un movimiento circular en el centro de un campo magnético paralelo al eje de giro:

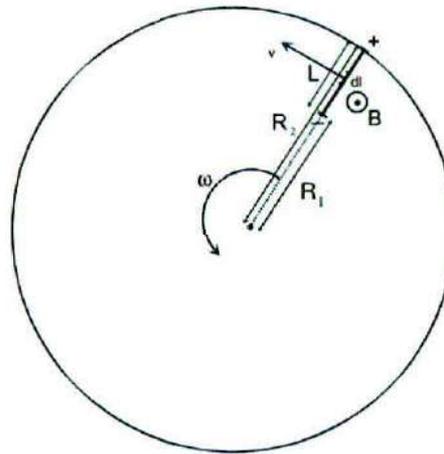


Ilustración 22 - Representación de parámetros en la rueda del generador

$$\varepsilon = \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int v B dl = \int \omega r B dl = \omega B \int_{R_1}^{R_2} r dl =$$

$$\omega B \frac{(R_2^2 - R_1^2)}{2} = \omega B \frac{(R_2 - R_1)(R_2 + R_1)}{2}$$

$$\varepsilon = \omega B \frac{L (R_2 + R_1)}{2}$$

Donde ε es la fem inducida en el segmento del conductor, L es el largo del imán, R1 es la distancia del centro de rotación a la cara inferior del imán y R2 la distancia a la cara superior del imán, v es la velocidad tangencial en el centro del imán, w es la velocidad angular y B es la inducción magnética.

Hay que tener en cuenta que al ser alterna, esta tensión expresada como tensión eficaz quedaría determinada por:

$$\varepsilon = \frac{\omega BL(R_2 + R_1)}{2\sqrt{2}}$$

Y expresando la velocidad angular en revoluciones por minuto quedaría:

$$\varepsilon = 0.037 nBL(R_2 + R_1)$$

Es necesario, además añadir un factor geométrico de corrección que tenga en cuenta la superficie de campo magnético, debido a que no todo el disco está compuesto por imanes, sino que están separados geométricamente, este factor se calcula como:

$$f_c = \frac{S \text{ imanes}}{S \text{ rotor}}$$

$$f_c = \frac{0.020 \text{ m} \times 0.010 \text{ m} \times 24 \text{ imanes}}{\pi \times (0.170^2 - 0.150^2)}$$

$$f_c = 0.239$$

Donde:

f_c = Factor geométrico de corrección.

S imanes = Superficie de todos los imanes.

S rotor = Superficie del perímetro del rotor donde se colocan los imanes.

De esta manera, la fem eficaz inducida en una espira quedaría determinada por:

$$\varepsilon = 0.037 f_c nBL(R_2 + R_1)$$

Tomando como referencia los parámetros de diseño del generador se pueden obtener los valores de tensión generados en un rango de revoluciones:

$$L = 0.020 \text{ m}$$

$$R_2 = 0.185 \text{ m}$$

$$R_1 = 0.165 \text{ m}$$

$$f_c = 0.239$$

$$B = 8000 \text{ Gauss} = 0.8 \text{ Tesla}^*$$

*Si bien la inducción magnética de los imanes es de 14500 Gauss, realizando el modelado por elementos finitos en el software FEMM se puede observar que la inducción magnética que llegaría a las bobinas es de 8000 Gauss, modelo que se presentará más adelante en este documento.

Velocidad de giro del rotor RPM	FEM inducida/espira [V]
50	0,0023
100	0,0045
150	0,0068
200	0,0091
250	0,0113
255	0,0115
300	0,0136
330	0,0149

Tabla 3 - FEM inducida por espira en el generador de la bicicleta

Simulación por elementos finitos en FEMM:

Para obtener parámetros más certeros de la inducción magnética que pasaría por la bobina se realizó una simulación por elementos finitos modelado en el software FEMM, el mismo arrojó como resultado que la inducción magnética B que pasaría por las bobinas es de 0.8 Tesla, un equivalente a 8000 Gauss aproximadamente, los resultados pueden observarse resumidamente en la siguiente figura:

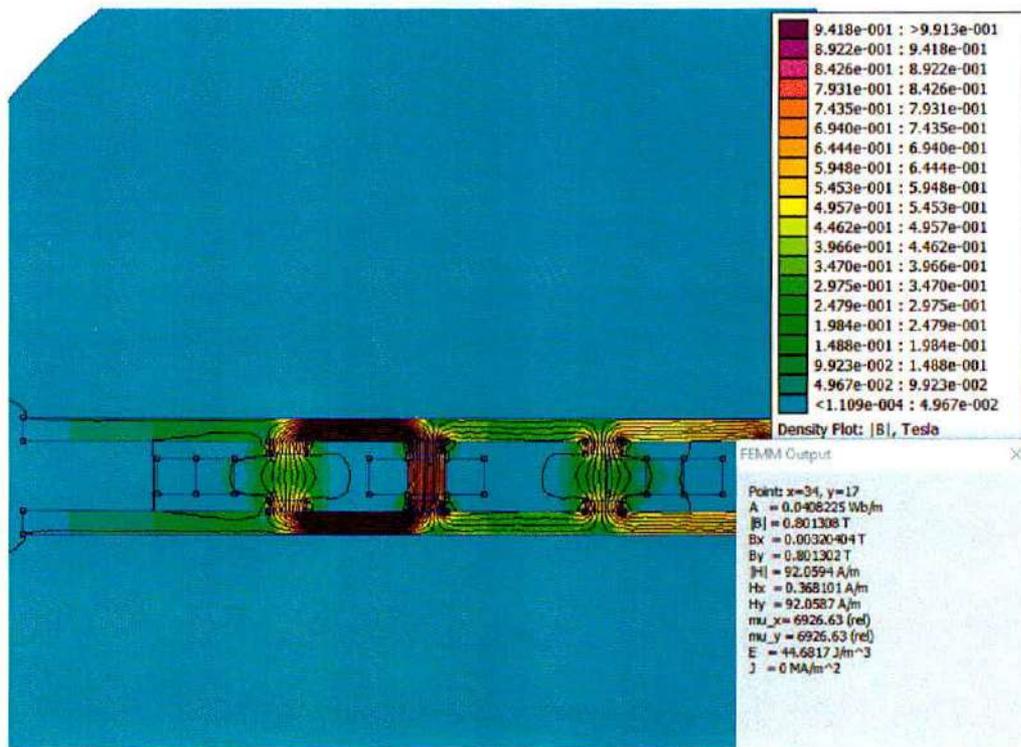


Ilustración 23 - Simulación inducción magnética en FEMM

Selección de conductores:

Se adoptó el calibre ideal de los conductores teniendo en cuenta el espacio disponible para bobinar, la corriente máxima admisible, la maleabilidad para bobinar y la resistencia de los conductores, entre otras.

Para el diseño se optó por un conexionado de las bobinas en configuración estrella, de esta manera se podrá obtener valores mayores de voltaje en la salida que si se usara una conexión delta (triángulo). Por lo que la corriente de fase y la de línea van a tener la misma magnitud, por tanto y como se verá más adelante, la corriente máxima que pasará por los conductores cuando el generador este a máxima velocidad (330 RPM del rotor) será de 6.8 Amper (Ver en Tabla 8).

Mediante el cálculo de amperaje máximo generado por la bicicleta expuesto en la tabla 8 más adelante, se optó seleccionar el conductor por ampacidad, adoptando un tipo de alambre esmaltado de cobre Invenid 200 calibre AWG N°18 cuyas características son:

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Calibre AWG	18	N°
Diametro	1,02	[mm]
Sección	0,824	[mm ²]
Resistencia	0,0209	[Ohm/m]
I max	8,1	[Amper]

Tabla 4 - Características conductor generador

Para la elección de este conductor se buscó que la corriente máxima admisible del cable esté por encima del valor máximo del generador. Este hilo de cobre presenta una corriente máxima de 8.1 Amper, y cumple con las normas NEMA e IEC, referentes a sistemas eléctricos europeos.

ALAMBRE CIRCULAR DE COBRE							
Calibre	Alambre Desnudo	Alambre Doble Capa			Resistencia Eléctrica	Tensión de Estiramiento	Capacidad de Corriente 200 C
AWG	Diametro (nominal)	Incremento (mil. (mm))	Diametro Máx. (mm)	Long. Aprox. (m/kg)	Ohm - Km a 20°C	Kg	A
6	4.115	0.091	4.246	8.40	1.296	79.500	131
7	3.665	0.089	3.790	10.60	1.634	63.100	104
8	3.264	0.089	3.383	13.30	2.06	50.000	83
9	2.906	0.086	3.023	16.80	2.599	39.700	65
10	2.588	0.086	2.703	21.20	3.278	31.500	52
11	2.304	0.084	2.418	26.70	4.135	24.900	41
12	2.052	0.081	2.163	33.60	5.213	14.750	33
13	1.829	0.081	1.935	42.20	6.562	12.350	26
14	1.628	0.081	1.732	53.10	8.283	10.200	21
15	1.450	0.076	1.549	66.90	10.441	8.700	16
16	1.290	0.074	1.384	84.40	13.190	7.310	13
17	1.151	0.071	1.240	105.90	16.570	6.340	10
18	1.024	0.066	1.110	133.70	20.930	4.630	8.1
19	1.915	0.064	0.993	168.20	26.390	3.880	6.4
20	0.813	0.061	0.892	211.30	33.210	3.170	5.1

Ilustración 24 - Selección de calibre conductor generador eléctrico

Tamaño de las bobinas

Se requiere que las bobinas puedan enlazar la totalidad del flujo generado por los imanes, por tanto, se han diseñado unas bobinas que sigan la forma del imán, con una superficie un poco superior a la del imán para que haya el menor flujo disperso posible.

El espesor de las bobinas por diseño debe ser menor que 10 mm, por lo que la cantidad de vueltas por espesor queda dada por la cantidad de hilos de cobre que alcanzan esa medida, y la cantidad de vueltas por

ancho está determinada por la cantidad de hilos de cobre que superan en tamaño el ancho del imán utilizado que es de 10mm.

Diámetro del conductor	1,02	[mm]
Cantidad de vueltas por espesor	9	[vueltas]
Espesor de la bobina	9,22	[mm]
Cantidad de vueltas por ancho	10	[vueltas]
Ancho del bobinado	10,2	[mm]
Cantidad de vueltas total	90	[vueltas]

Tabla 5 - Cantidad de vueltas de conductor

Se observa que cada bobina puede abarcar 90 vueltas de hilo de cobre, dato que más adelante nos servirá para calcular la tensión del generador.

Las dimensiones finales de la bobina serán:

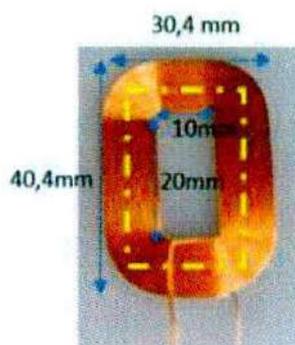


Ilustración 25 - Bobina del generador de bicicleta

Diagrama de conexión de las bobinas en el estator:

Las bobinas del estator deben tener el mismo número de vueltas y el mismo calibre del conductor cada una de ellas. Las bobinas deben estar separadas 120° eléctricos para equilibrar tensiones y corrientes, por esto la separación geométrica entre cada bobina de una fase con la de otra fase se calcula como:

$$\alpha = \frac{120^\circ}{p} = \frac{120^\circ}{12} = 10^\circ$$

Donde:

- α : Ángulo de separación entre bobinas
- p: Número de pares de polos (12 pares)

La separación geométrica entre bobinas obtenida es de $\alpha = 10^\circ$.

De esta manera se observan en la siguiente imagen la disposición de las bobinas en el estator, también la de los 12 pares de imanes posicionados en el rotor.



Ilustración 26 - Distribución de fases generador

Dimensionamiento del estator:

Las medidas finales del estator donde se alojan las bobinas quedarán determinadas por las dimensiones de las mismas y por el ángulo de separación entre bobinas calculado anteriormente. El radio medio de las bobinas quedará definido según los siguientes parámetros:

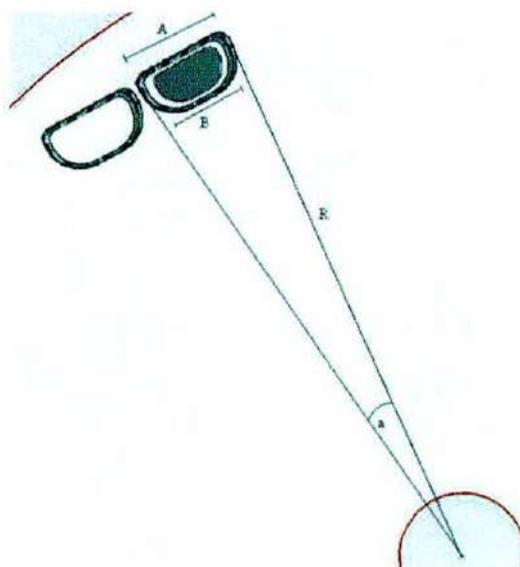


Ilustración 27 - Separación entre bobinas

El ancho de los bobinados quedó definido según la cantidad de vueltas en 10.2 mm, por lo que el ancho A de la bobina es 30.4mm (ver ilustración 24). mientras que el ángulo de separación entre bobinas es de 10°.

$$R = \frac{\text{sen}(\beta) \times A}{\text{sen}(\alpha)}$$

Donde:

- α : Ángulo de separación entre bobinas = 10°.
- β : Ángulo entre R y A.
- R: Radio al centro de la bobina.
- A: Ancho de la bobina = 30.4mm.

Realizando propiedades trigonométricas, Por lo que el ángulo β queda determinado por:

$$\beta = 180^\circ - 90^\circ - 5^\circ = 85^\circ$$

Por lo que tanto el valor de R es:

$$R = \frac{\text{sen}(\beta) \times A}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{\text{sen}(85^\circ) \times 30.4 \text{ mm}}{\text{sen}(10^\circ)} = 174.9 \text{ mm}$$

A partir del radio medio obtenido de las bobinas, se pueden obtener el radio hasta la cara inferior de los imanes (R_1) y el radio hasta la cara superior de los imanes (R_2), ver ilustración N°22, teniendo en cuenta que el imán tiene un largo (L) de 20 mm, los radios quedan definidos como:

$$R_1 = R - \frac{L}{2} = 174.9 \text{ mm} - \frac{20}{2} = 164.9 \text{ mm}$$

$$R_2 = R + \frac{L}{2} = 174.9 \text{ mm} + \frac{20}{2} = 184.9 \text{ mm}$$

Circuito equivalente del generador:

Para obtener los valores de resistencia de las bobinas en fase, se calculó primero la cantidad de metros de cobre en cada bobina, para esto se tuvo en cuenta la longitud media de cada espira de la según el calibre de conductor utilizado:

$$L_{\text{Espiras}} = (30 + 20 + 30 + 20) \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

La longitud total de cada bobina se obtiene multiplicando la longitud media de cada espira por la cantidad de vueltas en cada una de ellas:

$$L_{\text{Bobina}} = 100 \text{ mm} \times 90 \text{ vueltas} = 9000 \text{ mm}$$

$$L_{\text{Bobina}} = 9 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta que cada fase está constituida por 6 bobinas en serie, la cantidad de metros de cobre por fase queda determinada por:

$$L_{\text{Fase}} = 6 \times 9 \text{ m} = 54 \text{ m}$$

Luego, los valores especificados para el conductor seleccionado calibre AWG son:

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Calibre AWG	18	N°
Diametro	1,02	[mm]
Sección	0,824	[mm ²]
Resistencia	0,0209	[Ohm/m]
I max	8,1	[Amper]

Tabla 6 - Características de conductores seleccionados para el generador

Por lo que la resistencia por fase queda determinada por la resistencia específica y la cantidad de metros del conductor de la siguiente manera:

$$R = 0.0209 \frac{\text{Ohm}}{\text{m}} \times 54 \text{ m}$$

$$R = 1.1286 \frac{\text{ohms}}{\text{fase}}$$

La ley circuital de Ampere nos permite obtener la inductancia de una bobina basándose en sus dimensiones físicas y tipo de material desarrollándola de la siguiente manera:

$$\int H \times dl = Ni = \frac{B \times l}{\mu_0}$$

$$Ni = \frac{\Phi \times l}{\mu_0 \times A}$$

$$i = \frac{\Phi \times l}{\mu_0 \times A \times N}$$

Siendo:

i = Corriente (A)

H: Campo coercitivo (A/m)

B: Inducción magnética (T)

Φ: Flujo magnético (Wb)

μ₀ = Permeabilidad magnética del vacío (4*10⁻⁷ H/m)

N = Número de espiras por fase

l = Longitud que recorre el flujo (m)

A = Área por la que atraviesa el flujo (m²)

L = Inductancia [H]

Por otro lado, se tiene que la inductancia L es:

$$L = \frac{\Phi \times N}{i}$$

$$i = \frac{\Phi \times N}{L}$$

Igualando ambas ecuaciones se obtiene:

$$\frac{\Phi \times l}{\mu_0 \times A \times N} = \frac{\Phi \times N}{L}$$

$$L = \frac{N^2 \times \mu_0 \times A}{l}$$

Donde:

L = Inductancia [H]

μ_0 = Permeabilidad magnética del vacío (4*10⁻⁷ H/m)

A = Área por la que atraviesa el flujo, área del imán (m²)

l = Longitud que recorre el flujo, entre las caras de los imanes (m)

N = Número de espiras por fase

Para el cálculo de la inductancia de las bobinas, hay que tener en cuenta todas las espiras de una fase, calculando la cantidad de espiras por cada polo y multiplicando por el número de polos ya que de esta manera

abarcamos las inductancias que están en cuadratura magnética. Por lo que la inductancia queda determinada por:

$$L = 24 \times \frac{\left(\frac{540}{24}\right)^2 \times 4 \times 10^{-7} \times 0.0002}{2 \times 9.22 \times 10^{-3}}$$

$$L = 0.00005 \text{ H} = 0.05 \text{ mH}$$

De esta manera se puede obtener el circuito equivalente de fase del alternador representado de la siguiente manera:

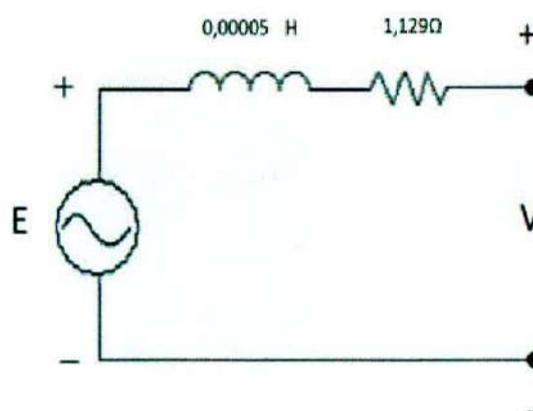


Ilustración 28 - Circuito equivalente del generador

Especificaciones técnicas de revisión crítica de diseño del generador

Durante el desarrollo de los cálculos de selección de componentes del generador se definieron y validaron las siguientes especificaciones del mismo:

Número de polos	24
Número de bobinas	18
Número de espiras por bobina	90
Dext (mm)	230
Rint al imán (mm)	165
Rext al imán (mm)	185
Erotor (mm)	9
Eestator (mm)	9,2

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Eaire (mm)	2
Ealternador (mm)	32,7
Lbobina (mm)	40
Ebobina (mm)	30
Limán (mm)	20
Eimán (mm)	10
Bimán max (Tesla)	0,8
Lfase (H)	0,00005
Shilo (mm ²)	0,82
Rfase (Ω)	1,129

Tabla 7 - Resumen de características del generador

Los valores de fem inducida en las bobinas del generador y la corriente que circula por el devanado pueden observarse en la siguiente tabla:

Velocidad en eje [RPM]	Tensión por bobina [V]	Tensión fase [V]	Tensión línea [V]	Corriente fase [A]	Potencia [W]
25	0,10	0,6	1,0	0,5	0,9
50	0,20	1,2	2,0	1,0	3,6
75	0,31	1,7	3,0	1,5	8,1
100	0,41	2,3	4,0	2,1	14,3
125	0,51	2,9	5,0	2,6	22,4
150	0,61	3,5	6,0	3,1	32,2
175	0,71	4,1	7,0	3,6	43,9
200	0,81	4,6	8,0	4,1	57,3
225	0,92	5,2	9,0	4,6	72,5
250	1,02	5,8	10,1	5,1	89,5
275	1,12	6,4	11,1	5,7	108,3
300	1,22	7,0	12,1	6,2	128,9
330	1,34	7,7	13,3	6,8	156,0

Tabla 8 - Tabla de parámetros de generación de la bicicleta

Los cálculos realizados no tienen en cuenta las pérdidas en el generador que puedan producirse por efecto Joule, corrientes parásitas, ni pérdidas por histéresis. Según ensayos realizados en prototipos similares en la Universidad de Durham, este tipo de máquinas tienen entre un 5 y un 10% de pérdidas por estos fenómenos.

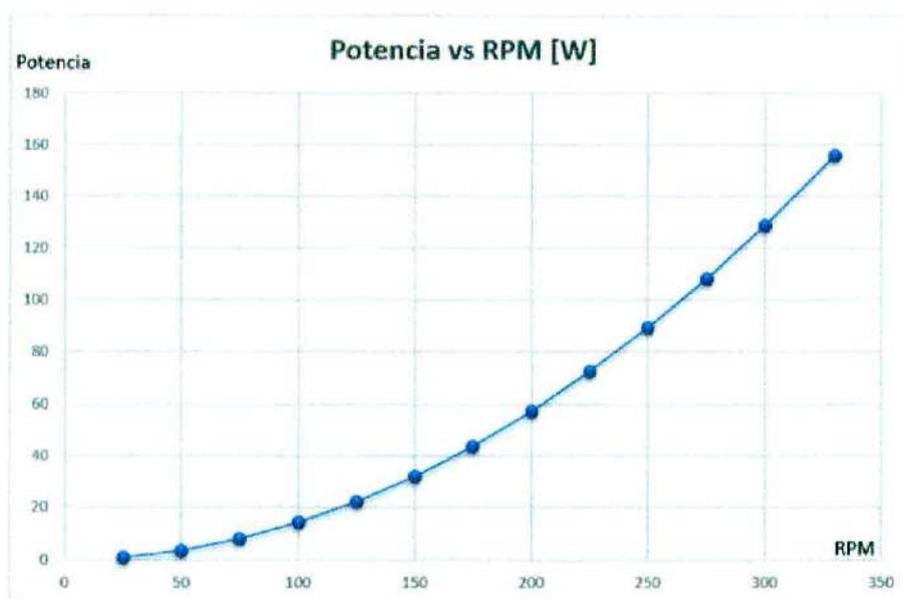


Ilustración 29 - Curva de potencia del generador de las bicicletas

Para rectificar la corriente del generador, se seleccionó un rectificador regulador de tensión de aerogenerador compatible con este tipo de sistemas, el mismo es un controlador SWAY de 120W de potencia nominal:



Ilustración 30 - Rectificador Regulador Bicicletas

Modelo	MG - 12/24
Potencia Nominal	120 W / 400 W
Tensión Nominal	12 V / 24 V
Consumo interno	8mA
Corriente Nominal.	10 A - 16 A
Clase de protección	IP67

Tabla 9 - Especificaciones rectificador regulador bicicletas

4.3. Generación de energía eléctrica estimada

Para el cálculo de estimación de la energía eléctrica que podría generar el sistema de las bicicletas se realizó un análisis donde se pudieron estimar las consideraciones de trabajo a partir de la siguiente hipótesis:

- Una persona promedio puede pedalear a 85 RPM de manera constante, lo cual equivale a 255 RPM del generador.
- Se considera una utilización por bicicleta de 4 horas diarias en promedio.
- Se analizan las 10 bicicletas en un período anual.

Con estas consideraciones se puede obtener una estimación de la energía esperada por el gimnasio en un año, mediante el siguiente cálculo:

$$Eb = P \times h \times N \times d$$

Donde:

E_b = Energía estimada de generación anual.

P = Potencia del generador a 255 RPM.

N = Cantidad de bicicletas.

h = Cantidad de horas diarias de utilización.

d = Cantidad de días en el año.

Finalmente se puede observar que la cantidad de energía generada en el año es de:

$$Eb = 0,0725 \text{ Kw} \times 4 \text{ horas} \times 10 \text{ bicicletas} \times 365 \text{ días/año}$$

$$Eb = 1058,6 \text{ Kwh/año}$$

CAPÍTULO V - Diseño sistema fotovoltaico

5.1. Introducción

La utilización de la energía solar para la generación de energía eléctrica disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y ayuda a disminuir la dependencia energética de los combustibles fósiles.

La energía solar fotovoltaica posee características atractivas para la implementación de sistemas de generación eléctricos:

- Las instalaciones no producen ruidos.
- Facilidad de instalación.
- Requieren poco mantenimiento al no poseer partes móviles.
- Se pueden montar en zonas donde no llegan las líneas eléctricas.
- El costo de los materiales es cada vez menor y hace que los proyectos puedan ser más rentables.
- Los componentes son cada vez más eficientes.

Las instalaciones solares fotovoltaicas se pueden diferenciar según el objetivo de la mismas, pueden ser instalaciones aisladas de la red, cuya finalidad es satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica residencial o de una comunidad, o pueden ser instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, que tienen como objetivo fundamental entregar la energía a la red eléctrica general. También existe el tipo de instalaciones híbridas, que combinan dos o más tipos de generación.

Instalaciones aisladas de la red:

Las instalaciones aisladas de la red se utilizan generalmente en localidades alejadas de las grandes ciudades, que no tienen acceso a la red eléctrica. Se utilizan en instalaciones rurales, iluminación de áreas aisladas, telecomunicaciones, bombeo de agua, entre otras.

Estas instalaciones a la vez pueden ser centralizadas y descentralizadas.

El sistema centralizado, consiste en un único sistema que cubre las necesidades de un conjunto de usuarios. La ventaja es disminuir los costos del sistema manteniendo la calidad del suministro.

El sistema descentralizado, es la instalación de un sistema individual completo en cada vivienda para cubrir sus necesidades.

Instalaciones conectadas a la red

En las instalaciones conectadas a la red, un sistema de redes eléctricas absorbe toda la energía disponible del sistema fotovoltaico, tanto de centrales fotovoltaicas como de los instalados en viviendas y edificios. Este sistema no necesita de sistema de almacenamiento, y el sistema de regulación cumple la función de indicar al inversor de energía la disponibilidad en cada momento en los paneles (el punto de máxima potencia).

Instalaciones solares híbridas

Son aquellas que combinan los módulos fotovoltaicos con una o más fuentes energéticas auxiliares, como pueden ser los aerogeneradores, o los motores Diesel. Estos sistemas son más fiables que los anteriores, ya que, al disminuir la captación y generación de electricidad del sistema fotovoltaico, el suministro no se ve comprometido al ser complementado por otro tipo de generación ya sea renovable o no renovable.

5.2. Marco teórico

Espectro solar

La energía solar es la emitida por el sol y se propaga, atravesando el espacio que separa el Sol y la Tierra, como un frente de ondas electromagnéticas asociadas a unas partículas denominadas fotones. Este frente de energía está compuesto por diferentes tipos de ondas, que conforman lo que se denomina espectro.

La diferencia entre cada uno de estos tipos de ondas es su energía, su frecuencia y su longitud de onda. Es así que las ondas electromagnéticas pueden clasificarse en función de su longitud de onda y de su frecuencia.



Ilustración 31 - Longitudes de onda

La energía de un fotón depende de su frecuencia, cuanto mayor es la frecuencia de una onda electromagnética, mayor es su energía.

El espectro de radiación solar contiene fotones cuya longitud de onda está comprendida entre $0,3 \mu\text{m}$ (ultravioleta) y $3 \mu\text{m}$ (infrarrojo), aunque sólo las que están entre $0,38$ y $0,78 \mu\text{m}$ (luz visible) pueden ser captadas por el ojo humano.

Las células solares captan la mayor parte de luz visible, ya que la ultravioleta llega en poca cantidad (7%) y la infrarroja tiene poca energía.

La radiación que llega del sol se llama constante solar, y tiene un valor de irradiancia que por convención se estima en 1.353 w/m^2 al llegar a la Tierra, antes de la atmósfera terrestre. Al atravesarla, se producen unas pérdidas por los gases atmosféricos llegando a la superficie terrestre una

irradiancia de 1.000 W/m^2 . Estos valores de irradiancia son constantes de referencia, se toman por convención ya que varían en su intensidad.

Hay 3 tipos de irradiancia incidente:

- Irradiancia directa (I): Es la que se recibe directamente del Sol.
- Irradiancia difusa (D): Es la que se recibe del Sol después de haber sido desviada por la dispersión atmosférica, la cual llega desde todas las direcciones.
- Irradiancia reflejada o albedo (R): Es la que ha sido reflejada por el suelo.

La suma de estas tres da lugar a la constante solar o irradiancia solar global. La cuál se ha tomado a nivel mundial como referencia un valor de 1.000 W/m^2 .

Semiconductores

Los semiconductores son elementos que se caracterizan por tener cuatro electrones en su última órbita, cuando el semiconductor está en reposo, y sin una fuente de excitación externa, lo que significa que se encuentra aislado, en oscuridad y a una temperatura al cero absoluto, todas las cargas eléctricas que constituyen sus átomos están enlazadas entre sí, o lo que es lo mismo cada electrón esta enlazado con su hueco, y ambos están fijos en la posición que ocupa su átomo correspondiente en la red cristalina.

En esta situación, no hay cargas eléctricas circulando dentro del cristal, por lo que no hay circulación de electrones, o lo que es lo mismo en este momento el cristal se comporta como aislante perfecto.

Un aporte de energía al cristal, puede lograr que se rompa el enlace de algunos átomos, originando la aparición de electrones y huecos que

puedan moverse libremente por el mismo, y si se conectan cargas eléctricas (receptores), se provocaría una circulación de electrones por el circuito.

Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico consiste en la transformación de la energía que aportan los fotones de luz incidentes sobre materiales semiconductores en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despedidos a través de un circuito exterior, realizando un trabajo útil.

Cabe destacar que un semiconductor puro no es capaz de producir el efecto fotovoltaico cuando el mismo es irradiado por una fuente luminosa, el mismo debe ser dopado con elementos que aporten electrones, es decir elementos del Grupo V, que tienen 5 electrones en su última órbita, actuando como donadores, como por ejemplo el fósforo respecto a los del grupo IV como es el silicio, y elementos del Grupo III, que poseen 3 electrones en su última órbita y por lo tanto son aceptores dado que poseen menos electrones que los del Grupo IV y Grupo V.

Cuando se los combina, por medio de procesos térmicos controlados, se produce un reordenamiento a nivel estructura atómica del material, lo que da lugar a recombinaciones parciales hasta que se logra una zona neutra, región dentro del semiconductor donde se genera un campo eléctrico que no puede ser "vencido", a menos que se entregue a este semiconductor energía, por algún medio, bien sea térmica o por medio de radiación luminosa.

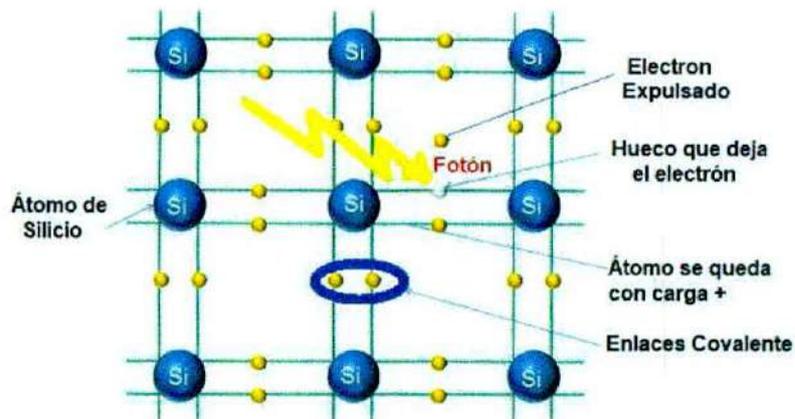


Ilustración 32 - Efecto fotoeléctrico

Celdas fotovoltaicas

Al exponer las células solares a la luz solar nos encontramos con que los fotones, son capaces de transmitir su energía a los electrones del semiconductor que compone la célula, para romper el enlace que les mantiene unidos a los átomos que forman al semiconductor.

Por cada enlace roto, queda un electrón libre, y además hace que se produzcan huecos, desplazándose ambos en el interior del sólido de un átomo a otro.

El movimiento de electrones y huecos en direcciones opuestas genera una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por el circuito externo.

Existen varios materiales diferentes de celdas, aunque las más utilizadas en las instalaciones son las células de silicio cristalinas.

Clasificación de las celdas:

Las celdas fotovoltaicas se pueden clasificar según los materiales por las que están fabricadas:

- Células de silicio monocristalinas.
- Células de silicio policristalinas.

- Células de capa fina.

	Silicio monocristalino	Silicio policristalino	Capa fina (silicio amorfo)
η célula	14% - 17%	12% - 14%	monocristal 4-6% tándem 7-10%
Ventajas	η elevada η constante	menor coste producción más simple	menor coste influencia de la temperatura reducida
	tecnología fiable	dimensionamiento óptimo	mayor salida energética con radiación difusa
Desventajas	mayor energía cantidad necesaria para producción	sensibilidad a impurezas del proceso de fabricación	mayores dimensiones coste de estructura y tiempo de montaje

Ilustración 33 - Tipos de celdas fotovoltaicas

Principio de funcionamiento

Al iluminar una celda solar que se encuentra conectada a una carga externa, se produce un diferencial de potencial en dicha carga y una circulación de corriente, en estas condiciones, el comportamiento de la célula solar es como el de un generador.

Cuando la célula se comporta como generador, los fotones que inciden sobre la celda con la energía suficiente se absorbe en el volumen del semiconductor, y generan pares electrón-hueco que pueden actuar como portadores de corriente.

El campo eléctrico, producido por la unión p-n, es vencido por los electrones que comienzan a circular, esta es la causa de la separación de los portadores antes de que puedan recombinarse de nuevo, y por tanto, la causa de la circulación de la corriente por la diferencia de potencial externa, suministrando así energía a la carga.

La presencia de la tensión en los terminales del dispositivo produce, como en cualquier unión p-n, fenómenos de inyección y recombinación de pares electrón-hueco, que en la célula solar actúan como pérdidas de recombinación y que son dependientes del mencionado voltaje.

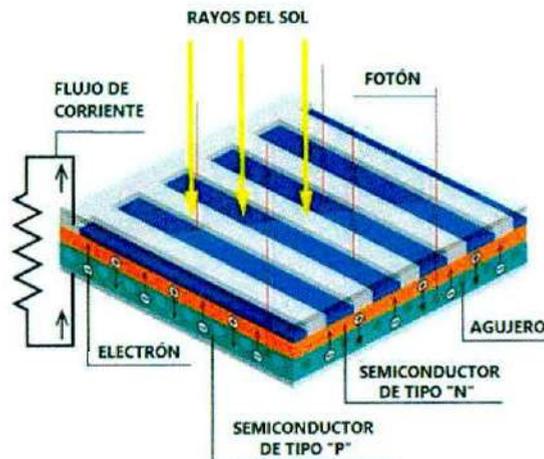


Ilustración 34 - Funcionamiento de la célula fotovoltaica

Curva de tensión vs corriente

La curva IV, es la característica más estudiada dentro de una celda fotovoltaica, esta se obtiene variando los valores de una carga conectada en los terminales de la celda fotovoltaica, variando la misma desde el cortocircuito hasta circuito abierto. Manteniendo estrictos niveles ambientales y de irradiación sobre la celda.

La misma sirve para determinar la potencia máxima que esta celda puede entregar. Este es uno de los ensayos más importantes dentro de las normativas para cualificación de funcionamiento de módulos fotovoltaicos, y que aparece por ejemplo en la IEC 61215, 10.2, e IRAM 210013-2.

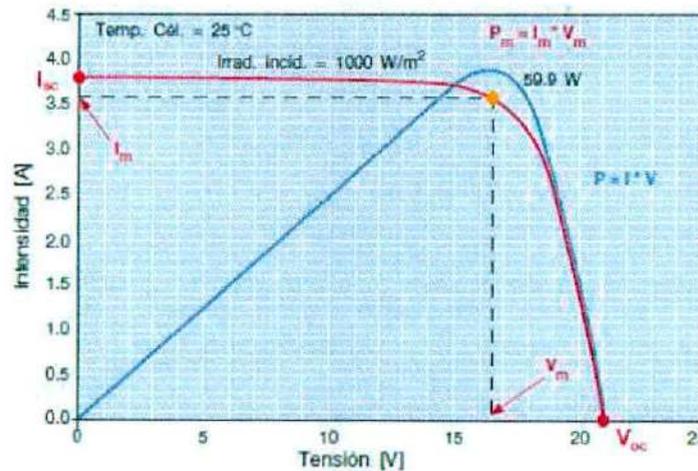


Ilustración 35 - Curva tensión - corriente en paneles fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos

Una celda solar típica posee una superficie de 243 centímetros cuadrados y produce aproximadamente una potencia cercana a los 4 vatios (w), con una tensión de 0,5V y una intensidad entre 7 y 8 amperios. El bajo valor de la tensión y la potencia hace necesario la conexión de varias celdas en serie formando así lo que se conoce como "panel solar o módulo solar fotovoltaico". La mayor parte de los paneles solares o módulos solares fotovoltaicos poseen entre 36 y 96 celdas conectadas en serie.

Si se unen en serie varias celdas solares, la tensión de cada una de estas celdas se sumarán para dar la tensión total del panel solar fotovoltaico. La intensidad será la misma que la proporcionada por una de las celdas mientras que la potencia total del panel será la suma de las potencias de cada una de las celdas del panel.

Un panel se compone de:

- Una cubierta de vidrio templado o de materiales orgánicos.
- Varias capas de silicona que encapsulen el panel para evitar la degradación del mismo, ya que es muy delicado. Las capas de silicona son muy adecuadas para estos elementos, ya que son transparentes, no pierden sus propiedades,

repelen el agua y dejan que respire el material, manteniendo un nivel de humedad muy bajo, y además tienen bajo costo.

- Varias capas de protecciones (generalmente vidrio), siendo mejor las opacas o de color claro ya que reflejan la luz que ha traspasado las células, y vuelve a la parte frontal, para volver a ser reflejada y así ser aprovechada de nuevo.
- Un marco de acero inoxidable para sujetar el conjunto, con los taladros adecuados, así como todos los tornillos y anclajes que sean necesarios para su perfecto anclaje.
- Toma de tierra, es necesaria cuando instalemos varios paneles en serie, y tengamos una potencia elevada, y como auxilio de las protecciones diferenciales, como por ejemplo disyuntor.
- Diodos by-pass, nos van a proteger la instalación en caso de sombreado de células individuales, daños o defectos por calentamiento excesivo, y limitar así la diferencia de rendimiento de todo el módulo, y de otros módulos en el caso de que estén conectados en serie con él.

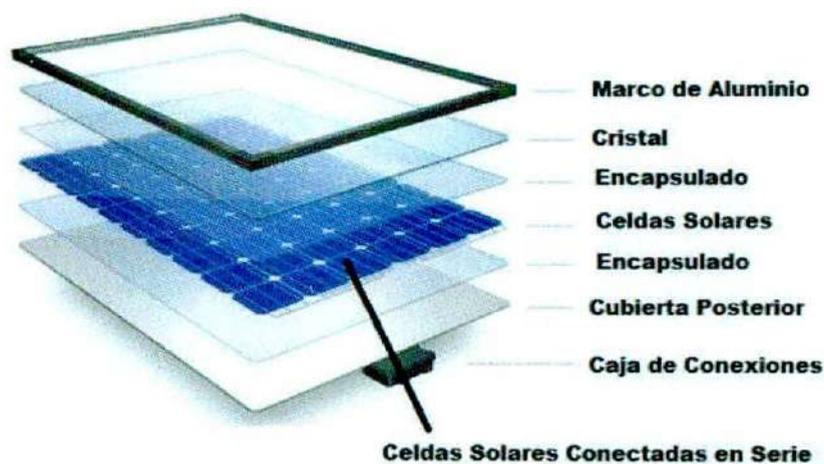


Ilustración 36 - Partes constitutivas de un panel solar

Definiciones eléctricas

Los parámetros eléctricos que definen la repuesta de un panel solar son:

- Corriente de cortocircuito (i_{sc}). Es la máxima intensidad que podemos obtener de un panel solar en condiciones estándar de operación, o la obtenida entre bornes de un panel solar con una resistencia nula, por lo que la diferencia de potencial será nula también.
- Voltaje a circuito abierto (V_{oc}). Es el voltaje máximo que se puede obtener sin dejar que pase corriente entre bornes de un panel solar (circuito abierto).
- Corriente (i) a un determinado voltaje (V). La corriente eléctrica producida a un voltaje V a través del circuito externo que une los bornes del panel, y que tiene una resistencia R .
- Potencia máxima (PM). Trabaja en condiciones de potencia máxima cuando la resistencia del circuito externo sea tal que tengamos i_M y V_M para que su producto sea máximo.
- Eficiencia total del panel. Es el cociente entre la potencia eléctrica producida y la potencia de la radiación que incide en el panel.

Inversores con conexión a la red

El inversor es el equipo encargado de adaptar la tensión generada por los módulos solares fotovoltaicos a la red eléctrica. Es decir, el inversor toma la tensión de la parte de continua y la convierte en una señal alterna,

adecuando la tensión y la frecuencia según la instalación de conexión a red.

El inversor debe ser capaz de realizar la transformación de la energía producida por el generador, adaptando a las condiciones de la red en el punto de interconexión sin causar perturbaciones ni cambios en las especificaciones de suministro a los demás usuarios.

Cables solares

Los cables para instalaciones fotovoltaicas difieren de los tradicionales. Están conformados por un conductor o varios formados de cobre con estaño para mejorar la conducción. Poseen doble capa aislante para resistir las inclemencias del clima y el daño producido por los rayos UV.

Protecciones eléctricas

Una parte fundamental de los sistemas fotovoltaicos son las protecciones eléctricas. Se utilizan para proteger tanto a las personas como a las instalaciones de fallas por sobrecargas, sobretensiones y cortocircuitos. Se diferencian en dos niveles de protecciones, para corriente alterna y para corriente continua en relación con la corriente de aplicación.

5.3. Diseño sistema solar fotovoltaico

5.3.1. Generalidades

Se decidió realizar el dimensionamiento de una planta de generación de energía eléctrica solar fotovoltaica a través de un sistema de generación on-grid.

Para dimensionar el sistema, se utilizará el método CEI 82 – 25 “Guía para la implementación de sistemas de generación fotovoltaica conectada a las redes eléctricas de media y baja tensión”, correspondiente a la normativa italiana específica para tal fin.

5.3.2. Lugar de aplicación

El lugar de emplazamiento del proyecto se encontraría en la provincia de Chubut, en la localidad de Puerto Madryn más precisamente en las coordenadas: Latitud: -42.7804859 y Longitud: -64.9980378.

El sistema sería instalado en el techo del "gimnasio sustentable", para compensar el consumo eléctrico y vender el posible excedente de energía a la red. La superficie libre en la terraza es de 30 m², con un largo de 12 metros por 2,5 metros de ancho.

La zona geográfica en la que será instalado no cuenta con vegetación de altura considerable en sus alrededores, así como tampoco tiene estructuras que puedan generar sombras sobre los paneles fotovoltaicos.

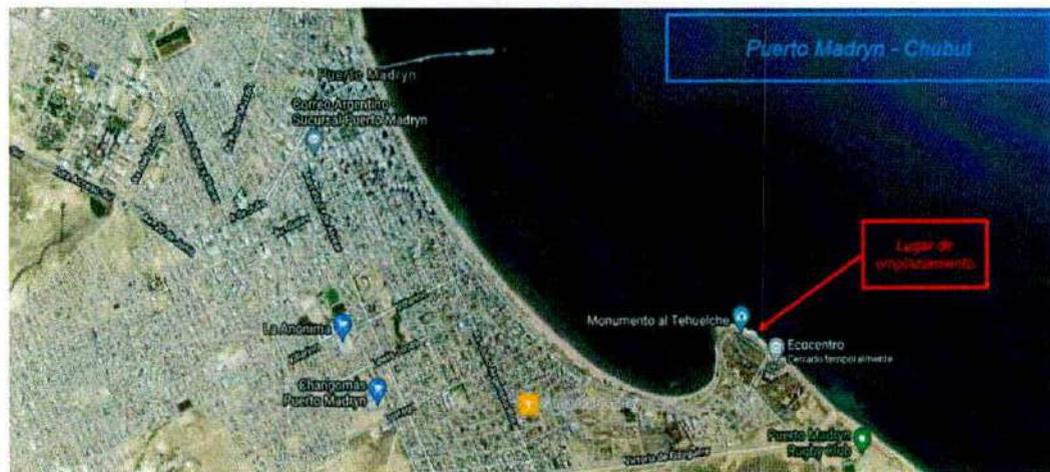


Ilustración 37 - Lugar de emplazamiento sistema solar

Inversor seleccionado:

El inversor seleccionado para el sistema proyectado es el siguiente:

Inversor SMA Sunny Tripower 4.0.

Datos técnicos	Sunny Tripower 3.0	Sunny Tripower 4.0	Sunny Tripower 5.0	Sunny Tripower 6.0
Entrada (CC)				
Potencia máx. del generador fotovoltaico	6000 Wp	8000 Wp	9000 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	850 V	850 V	850 V	850 V
Rango de tensión del MPPT	140 V a 800 V	175 V a 800 V	215 V a 800 V	260 V a 800 V
Tensión asignada de entrada		580 V		
Tensión de entrada mín./de inicio		125 V/150 V		
Corriente máx. de entrada, entradas: A / B		12 A/12 A		
Corriente de cortocircuito máx. por entrada A/B		18 A/18 A		
Número de entradas de MPPT independientes/strings por entrada de MPPT		2/A:1 B:1		
Salida (CA)				
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	5000 W	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Tensión nominal de CA		3/N/PE: 220 V/380 V 3/N/PE: 230 V/400 V 3/N/PE: 240 V/415 V		
Rango de tensión de CA		180 V a 280 V		
Frecuencia de red de CA/rango		50 Hz/45 Hz a 55 Hz 60 Hz/55 Hz a 65 Hz		
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red		50 Hz/230 V		
Corriente máx. de salida	3 x 4,5 A	3 x 5,8 A	3 x 7,6 A	3 x 9,1 A
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable		1/de 0,8 inductivo a 0,8 capacitivo		
Fases de inyección/fases de conexión		3/		
Rendimiento				
Rendimiento máx./rendimiento europeo	98,2 %/96,5 %	98,2 %/97,1 %	98,2 %/97,4 %	98,2 %/97,6 %

Ilustración 40 - Data sheet inversor sistema fotovoltaico

Características eléctricas del inversor:

Características del inversor		
Vmax (DC)	850	[v]
Vnom	580	[v]
Pmax (DC)	8	[Kw]
VMPPTmax	800	[v]
VMPPTmin	175	[v]
ISCnom	18	[A]
Pnom	4	[Kw]

Tabla 11 - Características del inversor fotovoltaico

Verificaciones técnicas de la instalación en condiciones extremas de funcionamiento:

- 1) Verificación de que la tensión sin carga U_{oc} en la salida de las cadenas a la temperatura mínima prevista (-10 °C) es menor que la tensión máxima que el inversor puede soportar, es decir:

$$V_{OC\ MAX\ (-10^{\circ}C)Generador} \leq V_{MAX\ inversor}$$

$$V_{OC\ (-10^{\circ}C)} = V_{OC\ nominal} + \beta \cdot \Delta t \cdot n\ paneles$$

$$V_{OC\ (-10^{\circ}C)} = V_{OC\ nominal} + \beta \cdot (t_{CELDA} - t_{STC}) \cdot n\ paneles$$

Cantidad de paneles serie	10	Paneles
VOC nominal	464	[V]
β Coef. Temp. VOC	-0.31%	%/°C
Tcelda	-10	°C
Tstc	25	°C

$$V_{OC\ (-10^{\circ}C)} = 464\ V + \left(-0,31\ \frac{\%}{^{\circ}C} \times \frac{46,4V}{100\%}\right) \times (-10^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times 10\ paneles$$

$$V_{OC\ (-10^{\circ}C)} = 514,3\ V \leq 850\ V = V_{max\ inversor}$$

Se puede observar que la tensión a -10°C es menor que la tensión máxima del inversor (850V).

- 2) Verificación de que bajo las condiciones de servicio previstas (de -10 °C a +70 °C) el inversor funciona dentro del rango de tensión declarado por el fabricante.

$$V_{MPPT\ MIN\ (70^{\circ}C)Generador} \geq V_{MPPT\ MIN\ inversor}$$

$$V_{MPPT\ (70^{\circ}C)} = V_{MPPT\ nominal} + \beta \cdot \Delta t \cdot n\ paneles$$

Cantidad de paneles serie	10	
VMPPT nominal	377	[V]
β Coef. Temp. VOC	-0.31%	%/°C
Tcelda	70	°C
Tstc	25	°C

$$V_{MPPT(70^{\circ}C)} = 377\ V + \left(-0,31\ \frac{\%}{^{\circ}C} \times \frac{46,4V}{100\%}\right) \times (70^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times 10\ pan.$$

$$V_{MPPT(70^{\circ}C)} = 312\ V \geq 175\ V = V_{MPPT\ min\ inversor}$$

Se puede observar que la tensión VMPPT a 70°C es mayor que la tensión mínima MPPT del inversor 175V por lo que cumple los requisitos en este punto.

$$V_{MPPT\ MAX(-10^{\circ}C)Generador} \leq V_{MPPT\ MAX\ inversor}$$

$$V_{MPPT(-10^{\circ}C)} = V_{MPPT\ nominal} + \beta * \Delta t * n\ paneles$$

Cantidad de paneles serie	10	
VMPPT nominal	377	[V]
β Coef. Temp. V0c	-0.31%	%/°C
Tcelda	-10	°C
Tstc	25	°C

$$V_{MPPT(-10^{\circ}C)} = 377\ V + \left(-0,31\ \frac{\%}{^{\circ}C} \times \frac{46,4V}{100\%}\right) \times (-10^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times 10\ pan.$$

$$V_{MPPT(-10^{\circ}C)} = 427.3\ V \leq 800\ V = V_{MPPT\ max\ inversor}$$

Se puede observar que la tensión VMPPT a -10°C es menor que la tensión máxima MPPT del inversor 800V por lo que cumple los requisitos en este punto.

- 3) Verificación de que la corriente en condiciones normales de funcionamiento no supera el límite establecido por el inversor:

$$I_{MPPT(70^{\circ}C)} = I_{MPPT\ nominal} + \alpha * \Delta t * n\ filas$$

Cantidad de filas	1	
IMPPT nominal	9.15	[A]
α Coef. Temp. Isc	0.05%	%/°C
Tcelda	70	°C
Tstc	25	°C

$$I_{MPPT(70^{\circ}C)} = 9.15\ A + \left(0.05\ \frac{\%}{^{\circ}C} \times \frac{9,62A}{100\%}\right) \times (70^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times 1\ fila$$

$$I_{MPPT(70^{\circ}C)} = 9.37\ A$$

$$I_{TOTAL\ MPPT(70^{\circ}C)} = I_{MPPT\ nominal} * N^{\circ}\ RAMAS$$

$$I_{TOTAL\ MPPT(70^{\circ}C)} = 9.37\ A \times 1\ rama$$

$$I_{TOTAL\ MPPT(70^{\circ}C)} = 9.37\ A \leq 18\ A = I_{MPPT\ max\ inversor}$$

Verifica que la corriente MPPT a 70°C es menor a la IMPPT máxima del inversor (18A).

Resumen de verificación de parámetros de selección del inversor:

Parámetro	Generador FV	Criterio	Inversor	Unidad
Voc nominal	464	<	850	[V]
ISC nominal	10	<	18	[A]
Vmmpt	377	<	850	[V]
Imppt	9	<	18	[A]
P nominal	8	>=	4	[KW]
VOC (-10°C)	514	<	850	[V]
VMPPT (-10°C)	427	<	800	[V]
VMPPT (70°C)	312	>	175	[V]

Tabla 12 - Verificación de parámetros del inversor fotovoltaico

El sistema de generación propuesto cumple técnicamente con los criterios establecidos por los fabricantes.

Selección de Conductores:

El conexionado en serie de los módulos fotovoltaicos sigue la disposición de “salto de rana” de esta manera se optimiza la utilización de conductores:

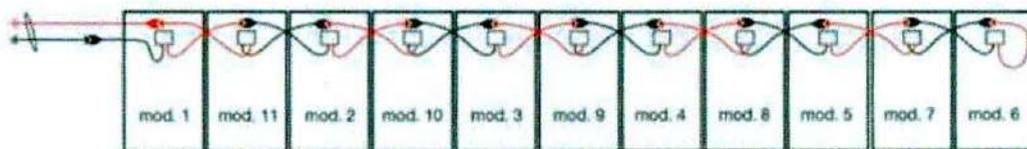


Ilustración 41 - Conexión de módulos solares

Cálculos utilizados para el cálculo de la sección:

Al ser los tramos de cables cortos se puede observar que el cálculo de sección por caída de tensión es casi despreciable, por lo que se procede a

seleccionar los mismos por capacidad de corriente máxima.

Perdidas por caídas de tensión en el cableado

Perdidas por caídas de tensión en el cableado

Calculo de sección de cable – CC

Calculo de sección de cable – CA (trifásica)

$$Seccion = \frac{2 * I_{sc} * \rho * l}{\Delta V}$$

$$Seccion = \frac{\sqrt{3} * I_0 * \rho * l * Cos(\phi)}{\Delta V}$$

$$Seccion = \frac{\sqrt{3} * I_0 * \rho * l * Cos(\phi)}{0,01 * 380V}$$

Tramo	Longitud de línea [m]	Intensidad máx [A]	Tensión [V]	Tipo	Cálculo [mm2]	Sección comercial [mm2]
1. Entre Paneles*	1,4	9,62	37,7	CC	1,23	4
2. De filas al tablero de CC	7	9,62	377	CC	0,61	4
3. De tablero CC a inversor	1	9,62	377	CC	0,09	4
4. De inversor a tablero de alterna	2	22,0	380	CA	0,34	6
5. De tablero de alterna a punto de interconexión	5	22,0	380	CA	0,86	6

Tabla 13 - Caída de tensión en conductores del sistema fotovoltaico

Se utilizará cable solar fotovoltaico unipolar de 4 mm² con cubierta XLPE para los tramos 1 y 2 de CC, asimismo también se seleccionó esa sección para el tramo 3 de CC.

Se utilizará cable normalizado unipolar de 6 mm² para el tramo 4 y 5 de CA.

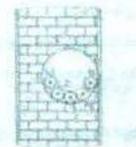
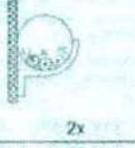
	Termoplástico	
	PVC / LS0H IRAM NM 247-3 / IRAM 62267 B52-2 B1	PVC / LS0H IRAM NM 247-3 / IRAM 62267 B52-4 B1
		
		
Cobre [mm ²]	2x	3x
1,5	15	14
2,5	21	18
4	28	25
6	36	32
10	50	44

Ilustración 42 – Corriente admisible para cables de CA canalizado AEA.

Protecciones del sistema solar:

Interruptor termomagnético de corriente alterna: Para el tramo ubicado entre el inversor y el cuadro de distribución se seleccionó un interruptor Schneider tetrapolar 380 V 4 x 25Amp 4.5Ka C Easy9 .



Ilustración 43 - Interruptor termomagnético CA

Interruptor diferencial de corriente alterna: Para el tramo ubicado entre el inversor y el cuadro de distribución se seleccionó un interruptor Schneider tetrapolar 380 V 4 x 25Amp 30 mA Easy9 RCCB.



Ilustración 44 - Interruptor Diferencial CA

Protector contra descargas atmosféricas CA: Para el tramo ubicado entre el inversor y el cuadro de distribución se seleccionó un protector tetrapolar Surge Protective Device ADM5 4P C 40 kA.

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel



Ilustración 45 - Protector contra descargas atmosféricas CA

Interruptor termomagnético de corriente continua: Para el tramo ubicado entre los paneles y el inversor se seleccionó un interruptor Enertik bipolar de CC de corriente nominal 20 A y Voltaje máximo 500 VCC modelo LKTB1-50/PV-C20.



Ilustración 46 - Interruptor termomagnético CC

Protector contra descargas atmosféricas CC: Para el tramo ubicado entre los paneles y el inversor se seleccionó un protector tetrapolar Surge Protective Device LKTD2-PV500 2P 40 kA 500VCC.

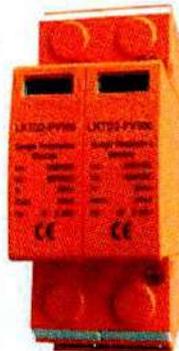


Ilustración 47 - Protector contra descargas atmosféricas CC

Fusibles y portafusibles de corriente continua: Para el tramo ubicado entre los paneles y el inversor se seleccionaron portafusibles Enertik solar gPV 1000VCC - SPF-15 con fusibles Enertik solar 10x38mm gPV 1000VCC 15A - SFUS-15.



Ilustración 48 - Portafusibles CC



Ilustración 49 - Fusibles CC

Llave de corte de CC: Para el tramo ubicado entre los paneles y el inversor se seleccionó una llave de corte con entrada y salida con MC4 1000VCC 32A - SISO-32M.



Ilustración 50 - Llave de corte de CC

Render de la instalación:

Cuando este proyecto estaba en etapa de anteproyecto, se realizaron los primeros bosquejos y renderizados, a medida que fuimos avanzando sobre la ingeniería de detalle del gimnasio el modelo final fue cambiando hasta llegar al diseño actual, creemos valorable mostrar en las siguientes figuras la mención realizada:

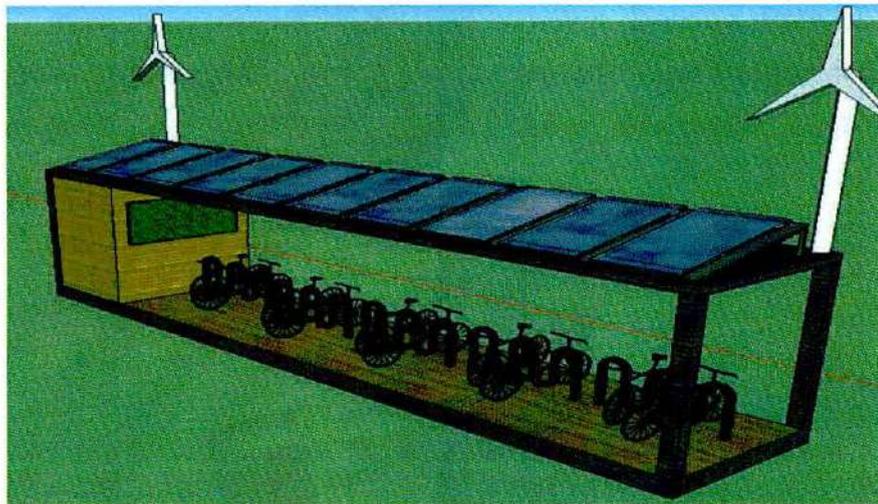


Ilustración 51 - Render Instalación solar fotovoltaica anteproyecto

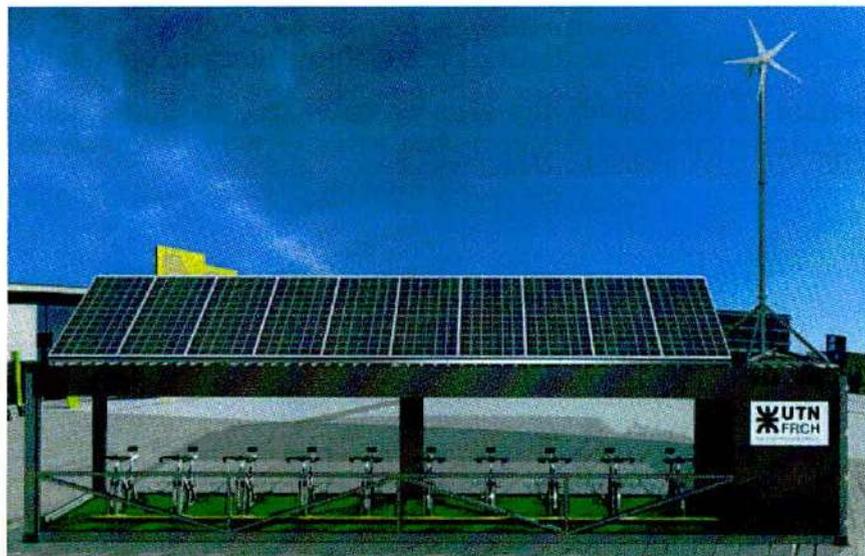


Ilustración 52 - Render Instalación solar fotovoltaica actualizado

Esquema de la instalación:

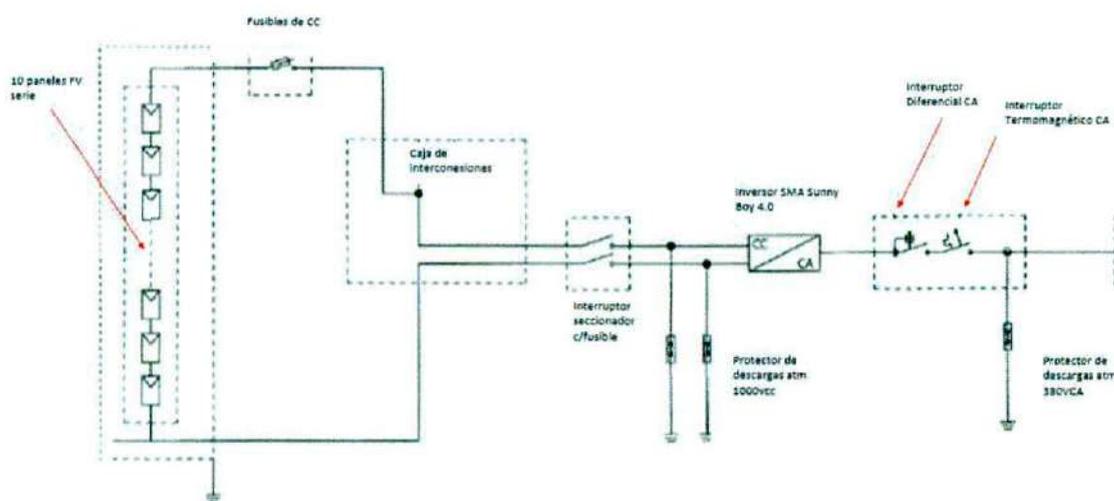


Ilustración 53 - Esquema unifilar de la instalación eléctrica del sistema solar

Los materiales necesarios para la instalación son los siguientes:

Listado de materiales	Cantidad
Panel solar Trinasolar TSM-345PE15H	10
Inversor SMA Sunny Tripower 4.0	1
Cable Solar XLPE 4 mm ² C40S1556RD-M	8
Conectores MC 4	8
LLAVE DE CORTE (ENTRADA Y SALIDA CON MC4) 1000VCC 32A - SISO-32M	1
PORTA FUSIBLE SOLAR gPV 1000VCC - SPF-15 (sin fusible)	2
Fusibles CC 15 A	2
PROTECTOR DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS 1000VCC - LKTD2-PV1000	1
PROTECTOR DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS 385VCA - ADM5-4P	1
Interruptor termomagnético CC bipolar LKTB1-50/PV-C20 2P 20 A 500VCC.	1
Interruptor termomagnético CA 380V tetrapolar C40	1
Interruptor Diferencial CA 380V tetrapolar AC40 30ma	1
Gabinete metálico estanco IP65 850 x 600	1
Jabalina de puesta a tierra 1/2" x 1,5m	1
Estructura de los paneles	1

Tabla 14 - Listado de materiales sistema solar fotovoltaico

La estructura será de acero al carbono con fijaciones atornilladas al techo del gimnasio y abulonadas con bulones DIN 934 calidad 8.8 para las uniones entre ellos.

La misma contará con una sola posición fija cuya inclinación es de 37.5°, los paneles se dispondrán en la estructura de forma vertical.

5.3.4. Generación de energía eléctrica estimada

Para el cálculo de generación de energía se utilizaron los datos mensuales de producción de energía obtenidos de la página de la NASA con anterioridad, los mismos pueden observarse en la siguiente gráfica:

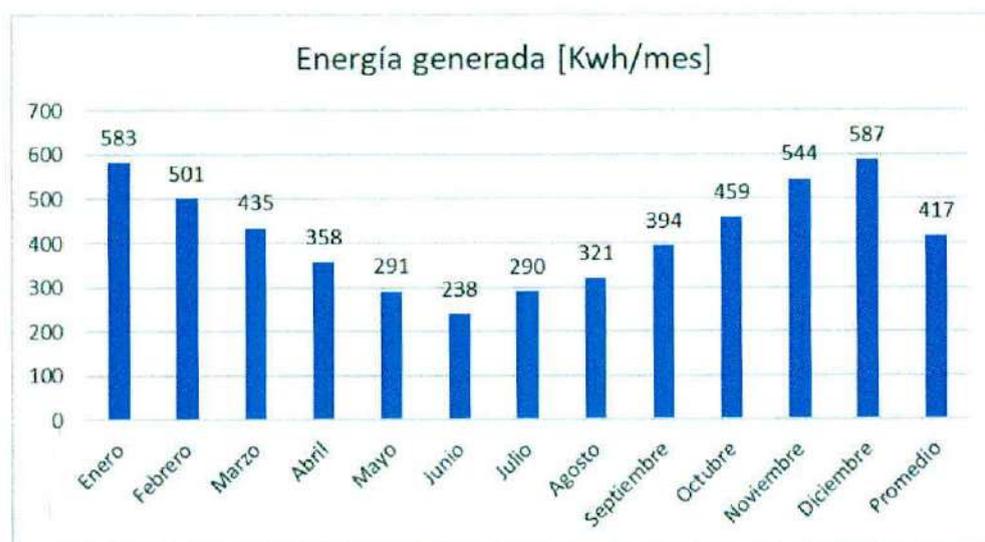


Ilustración 54 - Estimación de generación de energía eléctrica del sistema solar

Se observa que el sistema solar fotovoltaico diseñado generaría un total de 5.003 Kwh en el año.

CAPÍTULO VI - Diseño sistema eólico

6.1. Introducción

Los aerogeneradores son las máquinas que se encargan de capturar la energía del viento y transformarla en energía eléctrica.

La energía utilizada por los aerogeneradores es el viento. Este moviliza las palas, que a su vez hacen girar un rotor. De esta forma, la energía cinética se convierte en energía mecánica para después transformarse en energía eléctrica por medio de un alternador.

Generalmente, las partes constitutivas más importantes de estas máquinas son: las palas, el buje, la caja multiplicadora (si tuviese), el eje de giro, el generador eléctrico, un controlador electrónico y la torre. Estos componentes varían según el tipo de aerogenerador.

Palas: Son aspas que capturan el viento y transmiten su potencia hasta donde se encuentra el buje.

Buje: Es un componente cilíndrico en el cual se apoya y gira el eje lento de los aerogeneradores.

Caja multiplicadora: Es una caja que actúa modificando la velocidad recibida desde el buje.

Eje Rápido: Acoplado al multiplicador, permite accionar el generador eléctrico.

Generador eléctrico: Actúa como un alternador modulando la energía mecánica ingresada y transformándola en energía eléctrica.

Controlador electrónico: Es un dispositivo computarizado que monitorea de forma continua el estado que presenta el aerogenerador.

Torre: Es la estructura que soporta la góndola y el rotor.

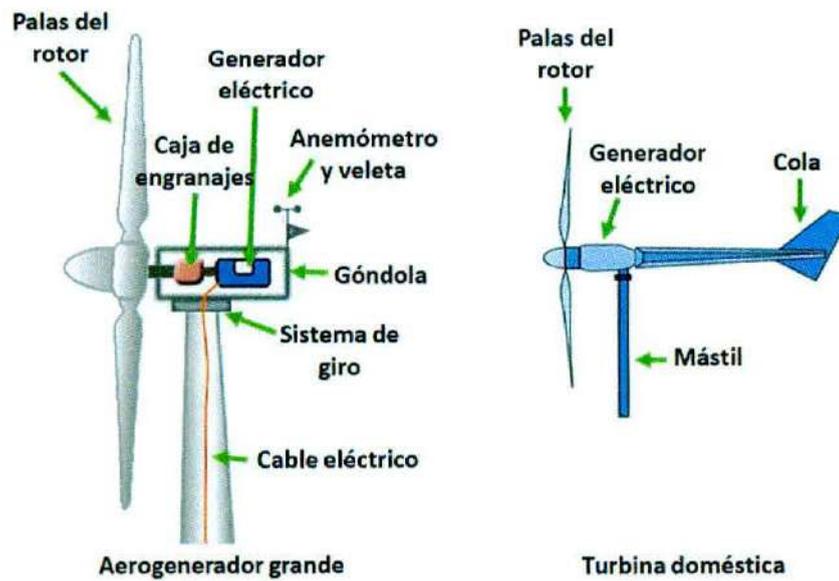


Ilustración 55 – Partes de aerogeneradores

Los aerogeneradores se pueden clasificar según características como el eje de giro, velocidad de rotación, tamaño, aplicación, etc. Como primera aproximación se pueden clasificar según el eje de giro del rotor eólico en:

- Aerogeneradores de eje Horizontal:

Los rotores de eje horizontal se caracterizan por el giro de sus palas en un plano perpendicular a la dirección del viento incidente, por lo que mediante un sistema de orientación es necesario que giren hacia la dirección del mismo.

- Aerogeneradores de eje Vertical:

Las turbinas con rotores de eje vertical no precisan un sistema de orientación activo para captar la energía del viento, tienen un mejor comportamiento ante flujos turbulentos y un menor rendimiento del sistema de captación del viento respecto a los de eje horizontal.

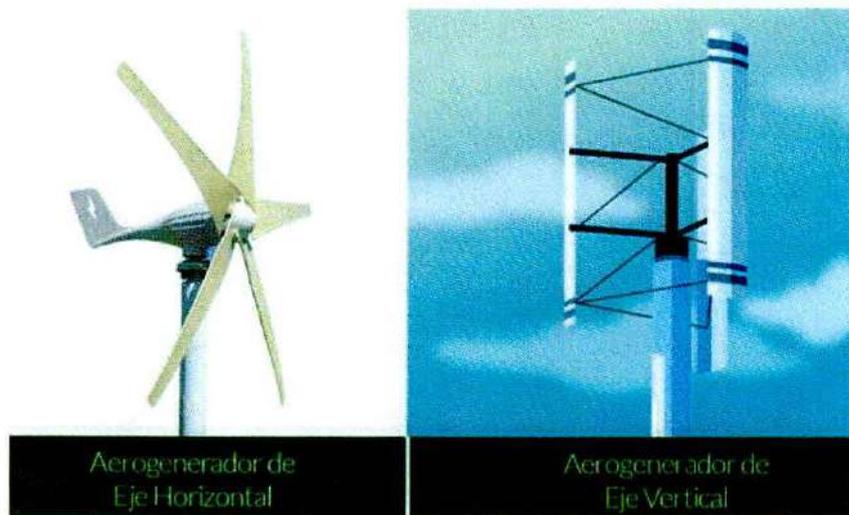


Ilustración 56 - Tipos de aerogeneradores

6.2. Marco Teórico

Los aerogeneradores obtienen su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par que actúa sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido de las palas y de la velocidad del viento.

La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa, por lo que la energía cinética del viento depende de la densidad del aire. El área de barrido de las palas determina cuanta energía del viento es capaz de capturar el aerogenerador, cuanto mayor es el diámetro de las mismas, la superficie es mayor y la energía que absorbe el mismo es mayor.

La velocidad del viento es otro parámetro muy importante para dimensionar la cantidad de energía que puede capturar el aerogenerador, cuanto mayor es la velocidad del viento, mayor será la energía que este capta.

Al hacer un estudio de la zona de la cual se obtenga energía eólica, es importante tener en cuenta qué tipos de vientos locales existen.

Las velocidades del viento se ven afectadas por la fricción con la superficie terrestre. Cuanto más pronunciada sea la rugosidad del terreno mayor será la fricción que experimente el viento. Las turbulencias generadas disminuyen la posibilidad de utilizar la energía del viento de forma efectiva en un aerogenerador.

Es necesario en lo posible evitar grandes obstáculos cerca de generadores eólicos, y más si se encuentran situados justo en frente, estos obstáculos con los que se encuentra el viento, como edificios, árboles, etc. pueden disminuir la velocidad del viento de forma significativa y a menudo crean turbulencias alrededor de ellos.

Se observa que en la superficie de las colinas se aprecian velocidades de vientos superiores que, en las zonas circundantes, por lo que es una buena opción para un emplazamiento.

Por estas razones es importante ubicar los aerogeneradores en la dirección de los vientos predominantes, con una cantidad mínima de obstáculos y una rugosidad lo más baja posible en esa dirección teniendo en cuenta los efectos positivos que se generan lugares como en la superficie de las colinas.

Para un lugar óptimo de emplazamiento se suele utilizar la distribución de frecuencias de los vientos predominantes en la "Rosa de los vientos", la cual brinda información respecto a la dirección predominante del viento en el lugar de estudio, la misma se utiliza para elegir un lugar de emplazamiento en la que no haya obstáculos en las direcciones que tengan vientos predominantes.

La rosa de los vientos para la ubicación de este proyecto se puede observar en el apartado 6.3.1. del documento, en la ilustración 58, en ella se puede observar que los vientos predominantes en la región soplan principalmente desde el Oeste - Sur - Oeste.

Variación del viento

Para dimensionar una instalación eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de la velocidad del viento. Esta información es necesaria para optimizar el diseño de los aerogeneradores y poder minimizar sus costes. Un modelo utilizado para describir la variación del viento en un lugar determinado es la Distribución de Weibull.

La distribución de Weibull muestra una distribución de probabilidades, más precisamente la probabilidad de que el viento sople a cualquiera de las velocidades, si se miden las velocidades del viento a lo largo de un año se pueden observar las tendencias del viento en la zona a relevar. De esta manera esta información será útil para conocer la potencia que se puede obtener de un aerogenerador según las velocidades del viento de la zona en el año.

La distribución de vientos de Weibull del lugar de emplazamiento de este proyecto se puede visualizar el apartado 6.3.1. del documento, en la ilustración 62.

6.3. Diseño de sistema eólico

Se decidió realizar el dimensionamiento de un aerogenerador eólico de baja potencia, conectado a la red a través de un sistema de generación on-grid. El proyecto propone un aerogenerador de eje horizontal debido a que en Argentina son los de mayor difusión y son factibles de encontrar en el mercado Nacional.

6.3.1. Emplazamiento

Para determinar el lugar de emplazamiento del proyecto "Gimnasio Sustentable", se analizaron diversos factores, el lugar no debería tener obstáculos que generen sombras sobre la parte de paneles solares, debía estar en un lugar estratégico para que la gente pueda utilizarlo y

visualizarlo, y además tener acceso a vientos aceptables para el sistema de generación.



Ilustración 57 - Lugar de emplazamiento del generador eólico

En lo que respecta al viento, el lugar de emplazamiento se eligió debido a estar sobre una colina, más conocido como la “curva del indio”, la cual se encuentra a 15 metros de elevación y sobre el paseo costero de la ciudad, dentro del ejido de la ciudad, es el lugar que más condiciones cumple para la realización de este proyecto.

Se utilizó la “rosa de vientos”, que es un instrumento gráfico que permite valorar la frecuencia de la dirección del viento a través del tiempo, este factor fue importante para identificar la orientación y optimizar el lugar de emplazamiento del proyecto.

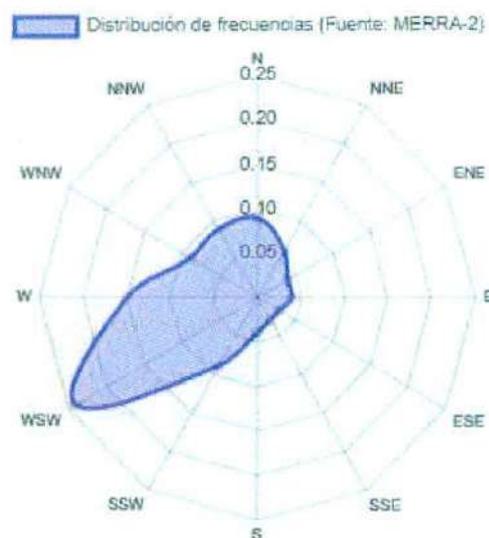


Ilustración 58 - Rosa de vientos del lugar de emplazamiento

Se observa que los vientos predominantes provienen de la dirección Oeste Sur Oeste, lugar que se encuentra despejado de grandes obstáculos, con un suelo que puede clasificarse como rugoso en la dirección predominante y como liso en la dirección opuesta debido al mar.

6.3.2. Generador eólico

El generador elegido es un aerogenerador Solarline de 400 Wp de potencia, compuesto por 5 palas y un sistema de orientación automático a través de una base pivotante. El mismo puede encontrarse en el mercado nacional.



Ilustración 59 - Aerogenerador S2-400

Sus características principales son las siguientes:

Modelo	S2-400
Potencia Nominal	400 W
Potencia Máxima	410 W
Tensión Nominal	12 V / 24 V
Velocidad de arranque (Cut in)	2 m/s
Velocidad nominal del viento	13 m/s
Velocidad de salida (Cut Out)	15 m/s
Velocidad soportada	50 m/s
Peso neto del marco principal	5,8 kg
Diámetro de giro	1,4 m
Cantidad de palas	5 unidades
Material de palas	Fibra de Nylon
Tipo de motor	Motor magnético permanente trifásico CA
Ajuste de orientación	Ajuste automático del viento

Tabla 15 - Características del aerogenerador seleccionado

Curva de Potencia del aerogenerador:

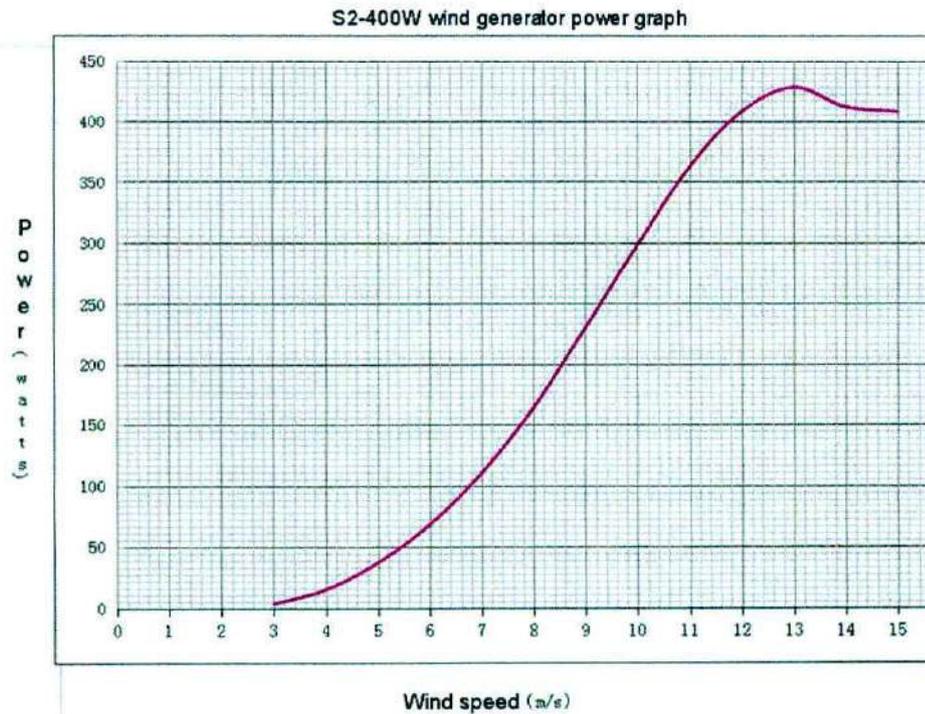


Ilustración 60 - Curva de potencia del aerogenerador S2-400

Componentes:

El aerogenerador tiene como salida 3 cables sin polaridad, donde genera la salida en AC trifásica, luego dentro de la controladora por medio de un puente rectificador, la misma pasa a corriente continua, y la corriente es regulada a 12 Volt.

El aerogenerador tiene su mayor rendimiento cuando el viento promedio laminar está en los 13m/seg.

El regulador de carga del aerogenerador es un MG – 12/24 cuya máxima potencia admisible es de 600 W:



Ilustración 61 - Regulador de carga del aerogenerador

Modelo	MG - 12/24
Potencia Nominal	400 W
Potencia Máxima	600 W
Tensión Nominal	12 V / 24 V
Consumo interno	8mA
Corriente adm.	15 A - 10 A
Clase de protección	IP67
Voltaje de frenado	DC 15V - DC 30V

Tabla 16 - Características del regulador aéreo

6.3.3. Potencial eólico

Para calcular el potencial energético anual del sistema de generación eólico en el lugar de emplazamiento, se realizó una estimación respecto a la velocidad del viento y a la curva de potencia del aerogenerador.

La Organización meteorológica mundial recomienda, como mínimo, información de un año para predecir la potencialidad del recurso eólico en un lugar específico, observándose una variación de las mediciones del 10 % a largo plazo lo cual es una estimación aceptable para esta etapa del proyecto.

El cálculo se realizó utilizando una distribución de Weibull respecto a la velocidad de los vientos en la región medida a 10 metros de altura

sobre el terreno con datos de la NASA, e incorporando al cálculo la curva de potencia del generador eólico, en un período de un año.

Distribución de Weibull de vientos

Distribución de Weibull

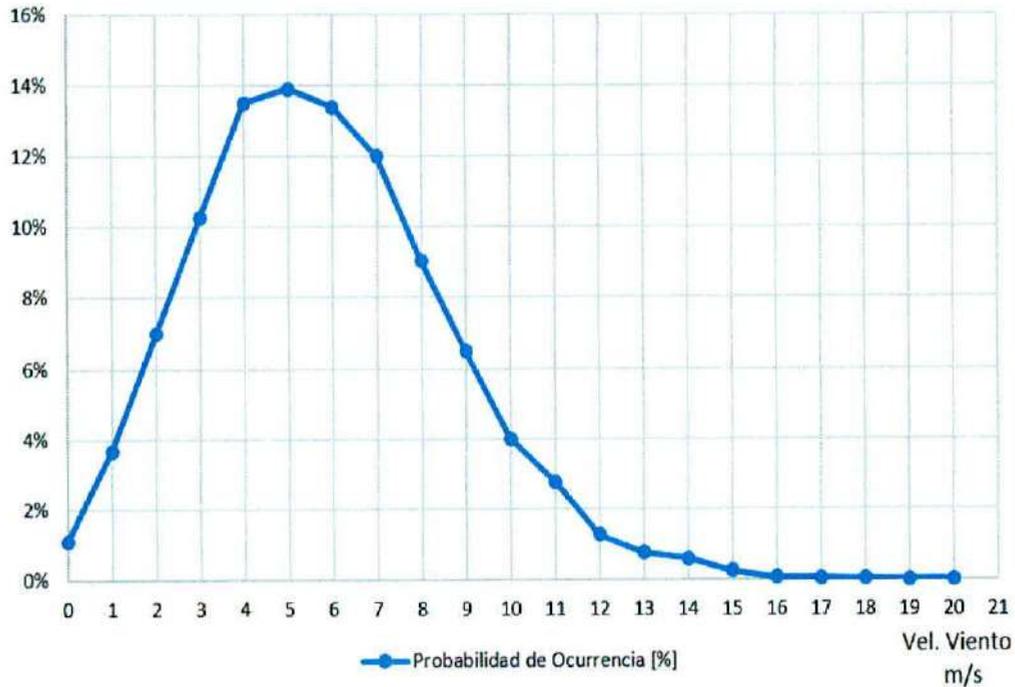


Ilustración 62 - Distribución de vientos de Weibull del lugar de emplazamiento

Ajuste de la velocidad de los vientos

De acuerdo con la Ley Exponencial de Hellmann, la velocidad del viento varía exponencialmente en relación a la altura sobre el suelo. Por lo que, conociendo la velocidad del viento a determinada altura, es posible calcular la velocidad correspondiente en otras alturas. La siguiente ecuación permite obtener la velocidad del viento a la altura h partiendo del conocimiento de la velocidad a una altura de referencia sobre el suelo, que es la obtenida con anterioridad.

$$V_h = V_{ref} \times \left(\frac{h}{h_{ref}} \right)^\alpha$$

Donde:

V_h : Velocidad del viento a la altura h (m/s)

h : Altura de buje snm (7.5 m).

V_{ref} : Velocidad del viento a altura de referencia (Veloc. a 10 m).

h_{ref} : Altura de referencia (10 msn).

α : Exponente de Hellmann que varía con la rugosidad del terreno.

Los valores del exponente de Hellmann son los de la siguiente gráfica:

Lugares llanos con hielo o hierba	$\alpha = 0,08 \div 0,12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0,14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0,13 \div 0,16$
Zonas rústicas	$\alpha = 0,2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0,2 \div 0,26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0,25 \div 0,4$

Ilustración 63 - Exponentes de Hellmann para distintos tipos de terrenos

Teniendo en cuenta las características geográficas del lugar de emplazamiento, las cuales se asemejan al tipo de terreno "Zonas rústicas" se adoptó un coeficiente de Hellmann igual a 0.2. Y, teniendo en cuenta que la altura del aerogenerador con respecto a la superficie es de 7,5 metros obtenemos la siguiente tabla de resultados V_h :

Velocidad del viento [m/s]	Velocidad del viento ajustada [m/s]
0,0	0,0
1,0	1,0
2,0	2,0
3,0	2,9
4,0	3,9

5,0	4,9
6,0	5,9
7,0	6,9
8,0	7,8
9,0	8,8
10,0	9,8
11,0	10,8
12,0	11,7
13,0	12,7
14,0	13,7
15,0	14,7
16,0	15,7
17,0	16,6
18,0	17,6
19,0	18,6
20,0	19,6
21,0	20,6
22,0	21,5
23,0	22,5

Tabla 17 - Ajuste de velocidad de vientos de Hellmann

Generación de energía del sistema eólico

Teniendo en cuenta las velocidades de los vientos ajustadas a la altura de emplazamiento del aerogenerador y a la curva de potencia del generador S2-400 se obtienen los siguientes resultados de generación anuales:

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Velocidad del viento [m/s]	Velocidad del viento ajustada [m/s]	Probabilidad de ocurrencia [%]	Incidencia [Hs]	Potencia Generador [W]	Energía generada [kWh]
0,0	0,0	1%	94	0	0
1,0	1,0	4%	322	0	0
2,0	2,0	7%	612	0	0
3,0	2,9	10%	898	10	8,98
4,0	3,9	13%	1182	25	29,56
5,0	4,9	14%	1218	40	48,70
6,0	5,9	13%	1173	70	82,09
7,0	6,9	12%	1050	110	115,53
8,0	7,8	9%	791	160	126,54
9,0	8,8	6%	568	225	127,70
10,0	9,8	4%	351	300	105,19
11,0	10,8	3%	242	360	87,03
12,0	11,7	1%	110	410	44,96
13,0	12,7	1%	65	420	27,23
14,0	13,7	1%	51	410	21,01
15,0	14,7	0%	22	405	8,75
16,0	15,7	0%	6	0	0
17,0	16,6	0%	4	0	0
18,0	17,6	0%	2	0	0
19,0	18,6	0%	1	0	0
20,0	19,6	0%	0	0	0
21,0	20,6	0%	0	0	0
22,0	21,5	0%	0	0	0
23,0	22,5	0%	0	0	0
Total [Kwh]					833

Tabla 18 - Generación estimada de energía del sistema eólico

Los períodos remarcados en color son aquellos correspondientes al régimen de funcionamiento del generador, donde el inicio de generación (Cut in) es de 3 m/s y la salida de servicio (Cut Out) es de 15 m/s.

De esta manera se puede observar que la generación de energía anual estimada para el generador eólico es de 833 Kwh.

CAPÍTULO VII - Instalaciones complementarias del gimnasio

7.1. Sistema eléctrico general

Para vincular los sistemas de generación eléctrica con la red, es necesario identificar en primer lugar que el gimnasio cuenta con los 3 tipos de generadores mencionados con anterioridad en este documento:

- 1 sistema solar fotovoltaico: compuesto por 10 paneles solares.
- 1 sistema de generación mecánico: compuesto por 10 bicicletas generadoras.
- 1 sistema de generación eólico: compuesto por 1 generador eólico de baja potencia.

Para inyectar la energía generada a la red se necesita conectar eléctricamente los generadores a un inversor que controle y regule los parámetros eléctricos para volcar la misma a la red de forma eficiente y segura. La entrada a los inversores es de corriente continua, convirtiéndola a la salida en corriente alterna perfectamente sinusoidal, por esto es que se utilizan rectificadores reguladores a la salida de las bicicletas y el generador eólico.

Diseño del sistema:

Para la vinculación eléctrica de los 3 sistemas con la red, se utilizará un único inversor Sunny Tripower 4.0, el mismo es el dimensionado para el sistema solar fotovoltaico con anterioridad (ver en punto 5.3.3.).

Diseño de Gimnasio Sustentable
 Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel



Ilustración 64 - Inversor SMA Sunny Tripower 4.0

Datos técnicos	Sunny Tripower 3.0	Sunny Tripower 4.0	Sunny Tripower 5.0	Sunny Tripower 6.0
Entrada (CC)				
Potencia máx. del generador fotovoltaico	6000 Wp	8000 Wp	9000 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	850 V	850 V	850 V	850 V
Rango de tensión del MPPT	140 V a 800 V	175 V a 800 V	215 V a 800 V	260 V a 800 V
Tensión asignada de entrada		580 V		
Tensión de entrada mín./de inicio		125 V / 150 V		
Corriente máx. de entrada, entradas: A / B		12 A / 2 A		
Corriente de cortocircuito máx. por entrada A/B		18 A / 8 A		
Número de entradas de MPPT independientes/strings por entrada de MPPT		2/A:1 B:1		
Salida (CA)				
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	5000 W	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Tensión nominal de CA		3/N/PE: 220 V/380 V 3/N/PE: 230 V/400 V 3/N/PE: 240 V/415 V		
Rango de tensión de CA		180 V a 280 V		
Frecuencia de red de CA/rango		50 Hz/45 Hz a 55 Hz 60 Hz/55 Hz a 65 Hz		
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red		50 Hz / 30 V		
Corriente máx. de salida	3 x 4,5 A	3 x 5,8 A	3 x 7,6 A	3 x 9,1 A
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable		1./de 0,8 inductivo a 0,8 capacitivo		
Fases de inyección/fases de conexión		3/		
Rendimiento				
Rendimiento máx./rendimiento europeo	98,2 %/96,5 %	98,2 %/97,1 %	98,2 %/97,4 %	98,2 %/97,6 %

El inversor cuenta con dos entradas independientes, una de ellas será utilizada como se detalló en el punto 5.3.3. para el sistema solar fotovoltaico, mientras que la otra entrada será utilizada para el sistema de las bicicletas y el generador eólico.

Para esto es necesario observar que a la salida de ambos sistemas mencionados (bicicletas y eólico) tenemos una tensión continua y regulada de 12V de corriente continua.

Para que el inversor funcione dentro de los parámetros recomendables es necesario elevar la tensión de corriente continua de 12V a un valor entre 125 y 800 Vcc.

Se seleccionó un convertidor de corriente continua que permite elevar la tensión de 12 Vcc de entrada a un rango entre 200-400Vcc de salida.

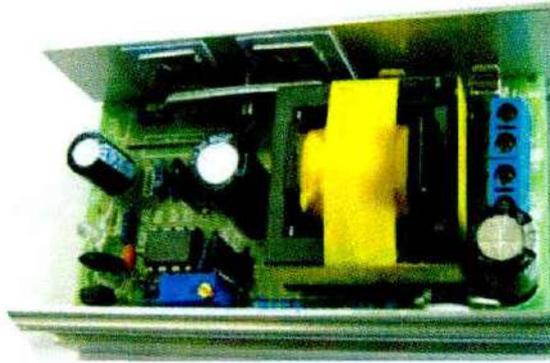
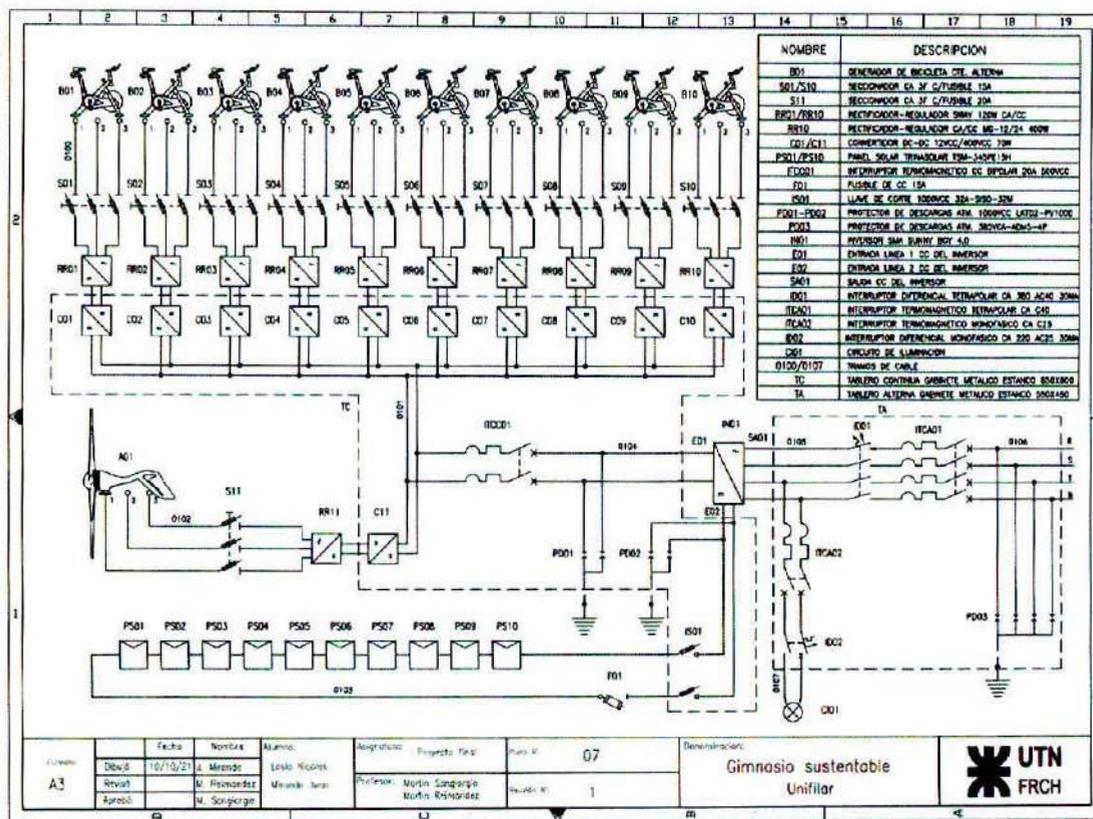


Ilustración 65 - Convertidor DC-DC

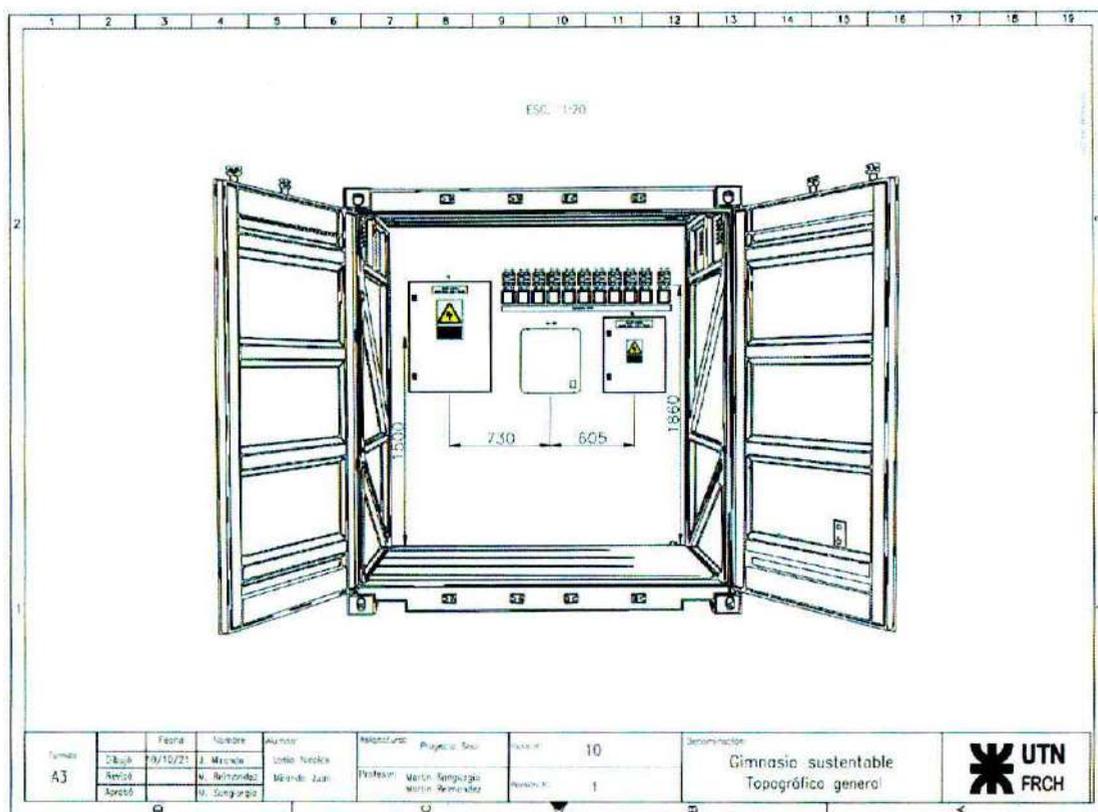
La potencia máxima de salida de estos convertidores es de 70W, valor que podría mejorarse con alguna solución electrónica más sofisticada. Para el diseño del sistema eléctrico, el componente cumple la función solicitada y permite utilizar el mismo inversor que el sistema solar.

Una vez regulada la tensión de las bicicletas y el aerogenerador a 12V, luego es convertida a 400V para ser admitida por la entrada "B" del inversor según el siguiente esquema:

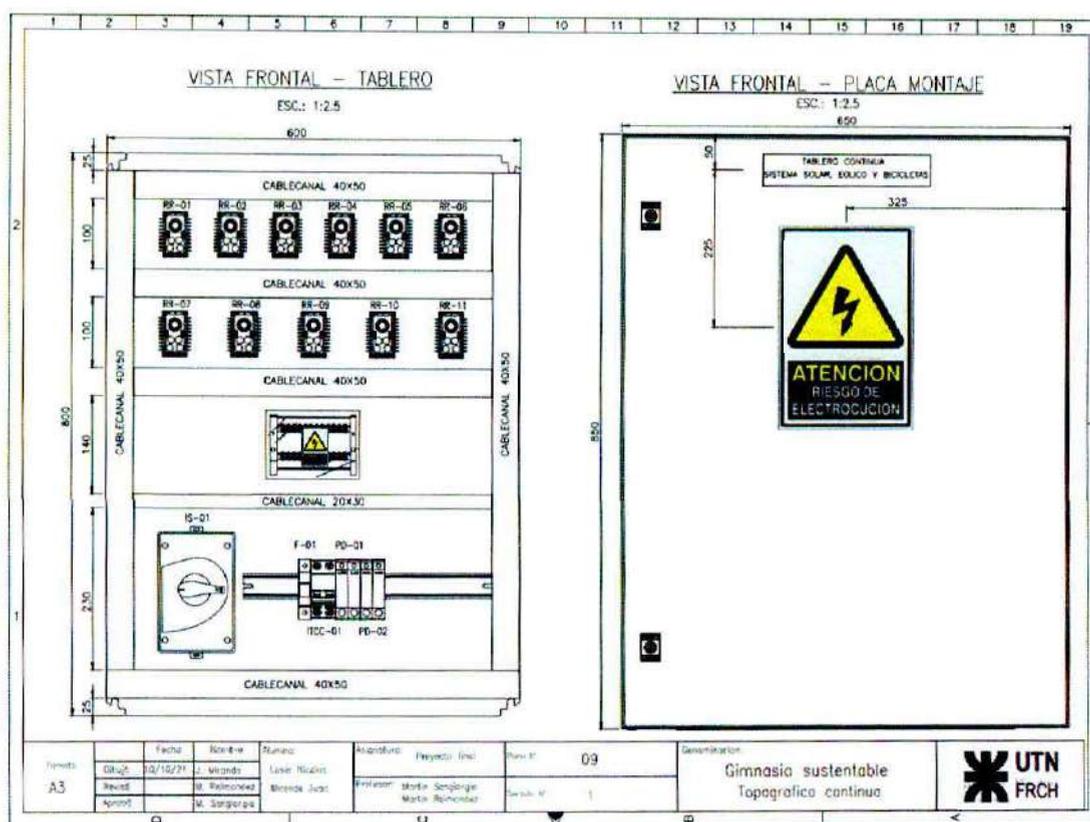
Esquema eléctrico unifilar:



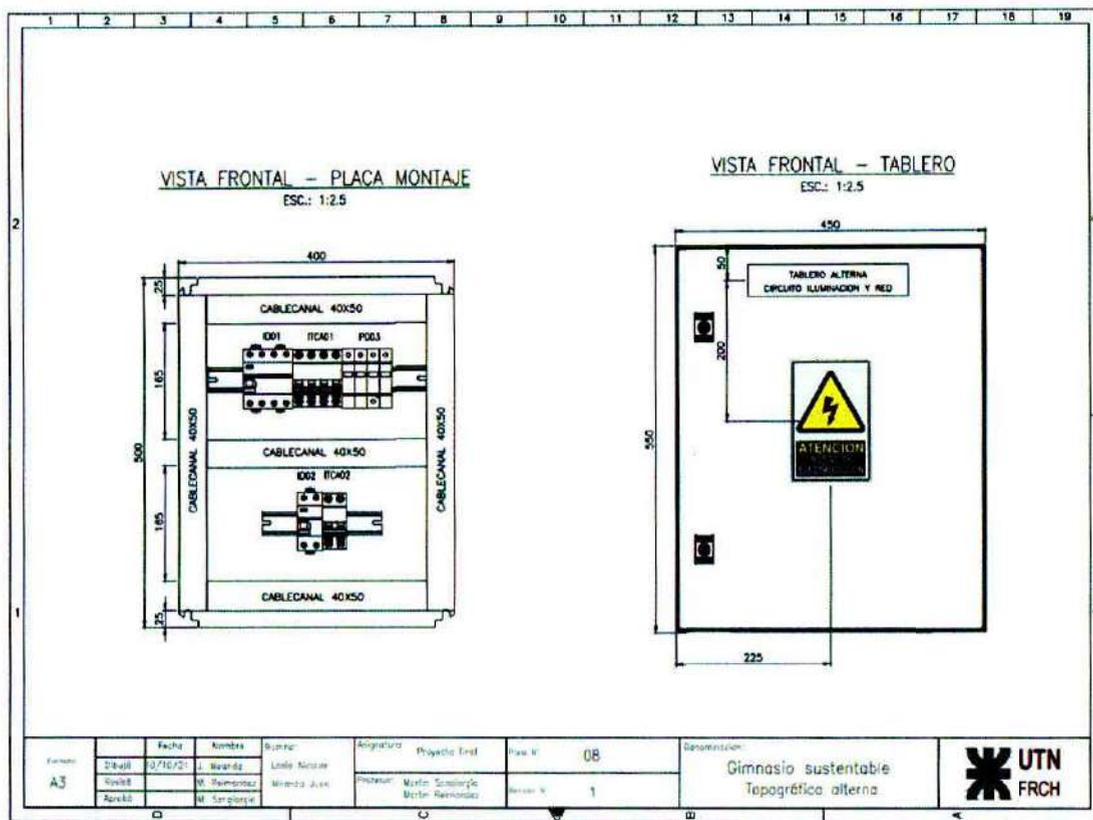
Topográfico general:



Topográfico de continua:



Topográfico de alterna:



7.2. Memoria de cálculo de la estructura

Objetivo:

Verificar estructuralmente la resistencia y deformación de un contenedor marítimo modificado para un gimnasio.

Alcance:

Realizar análisis de estabilidad estructural frente a esfuerzos de izaje, vientos y mantenimiento.

La estructura no se considerará sometida a tensiones de fatiga, dado que el traslado del contenedor presentará baja regularidad de movimiento.

Normas aplicadas

- Reglamento CIRSOC 301: "Reglamento Argentino de Estructuras de acero para Edificios" – Edición Julio 2005.
- Reglamento CIRSOC 101: "Cargas y Sobrecargas Gravitatorias para el Cálculo de Estructuras de Edificios" Edición: Julio 2005.
- Reglamento CIRSOC 102: "Acción del viento sobre las construcciones".
- Ley 19587 de Higiene y Seguridad, reglamentación aprobada por el decreto 351/79.

Documentación de referencia:

Plano 01 – Gimnasio - Conjunto

Plano 02 – Contenedor - Detalle

Plano 03 – Estructura Sistema solar

Plano 04 - Estructura Sistema eólico

Materiales:

Chapas y/o Perfiles estructurales de calidad F24.

Tensión Última (σ_u) = 370 MPa.

Tensión de Fluencia (σ_y) = 235 MPa.

Soldaduras con electrodo E60xx.

Tensión Última (σ_u) = 430 MPa.

Tensión de Fluencia (σ_y) = 340 MPa.

Tornillos, tuercas y brocas: Calidad comercial 8.8

Metodología de cálculo:

Se realiza un modelo mediante el software Inventor Professional 2020 que permite el análisis por elementos finitos obteniéndose las tensiones y deformaciones, pudiendo verificar que el diseño propuesto es apto para las condiciones de trabajo.

El procedimiento de cálculo será el siguiente:

- Ejecución de modelo de cálculo para la estructura a verificar.
- Verificación de la estructura existente en condiciones de izaje.
- Refuerzo de la estructura para el izaje.
- Verificación de la estructura en condición de mantenimiento.
- Refuerzo de la estructura para condición de mantenimiento.
- Verificación del gimnasio en condiciones de viento.
- Verificación de las uniones del gimnasio al suelo.

Condiciones de carga:

- P_{Cont} = Peso del contenedor modificado: 3000Kg
- P_{Bici} = 10 bicicletas fijas con generador: 50Kg. Cada una.
- $P_{Sist\ solar}$ = 10 paneles solares con estructura: 673kg
- $P_{Sist\ eolico}$ = 1 aerogenerador con estructura de soporte: 180kg
- P_{Comp} = Otros Componentes: 150kg
- P_{Gim} = Peso total del gimnasio= 4520kg
- R_{Izaje} = Reacciones de izaje
- F_{viento} = Carga del viento
- F_{Mant} = Carga de mantenimiento
- $P_{Comp\ elect}$ = Pesos de componentes eléctricos
- Flecha verde= Peso de estructura sist. Eólico
- Flecha violeta= Pesos de componentes eléctricos
- Flecha amarilla= P_{Bici}
- Flecha amarilla unitaria= Indica la dirección de la gravedad
- Flecha azul= Peso de la compuertas del contenedor

Descripción de la estructura:

El contenedor marítimo que se ha analizado en la presente memoria de cálculo está fabricado según las normas ISO, el tipo utilizado son contenedores de carga, serie 1 ISO 668.

La norma ISO 668 regula las dimensiones externas e internas de los contenedores, así como los tamaños mínimos de apertura de las puertas.

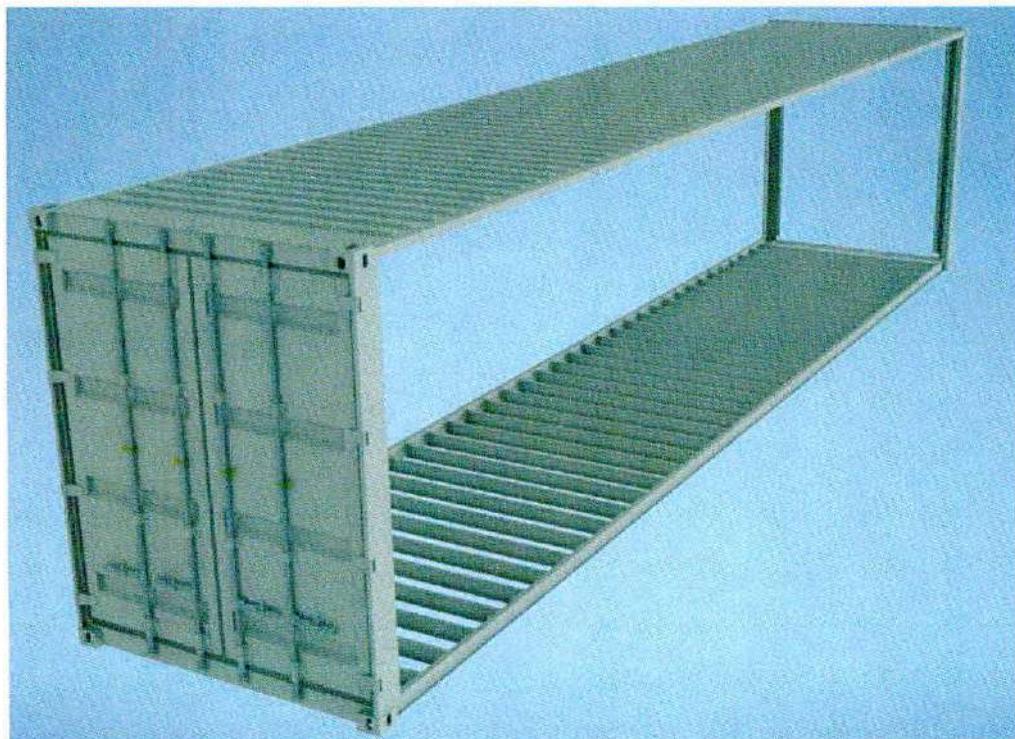


Ilustración 66 - Vista estructura del contenedor

Poste frontal: son los componentes verticales del armazón, que ocupan las esquinas frontales del contenedor y cumplen la función de soporte para las puertas del contenedor, están fabricados en chapa de $\frac{1}{4}$ " de espesor.

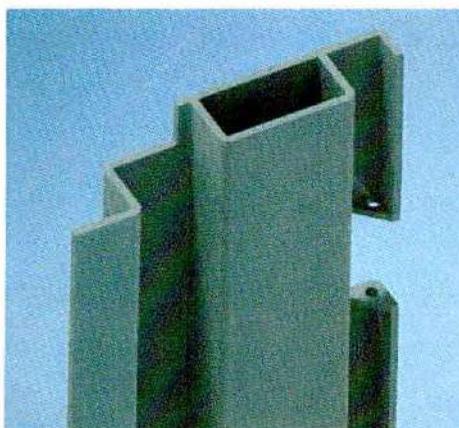
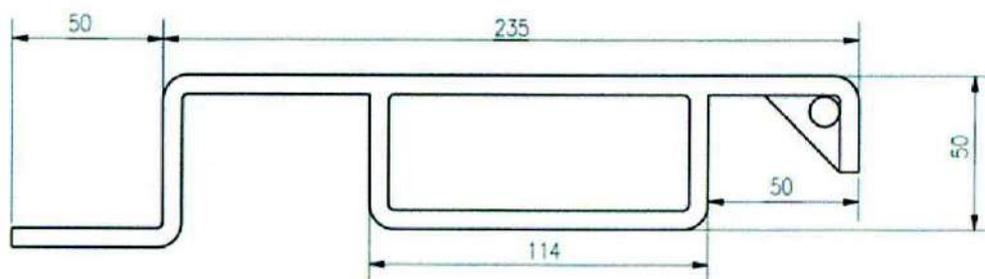


Ilustración 67 - Poste frontal

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel



Poste trasero:

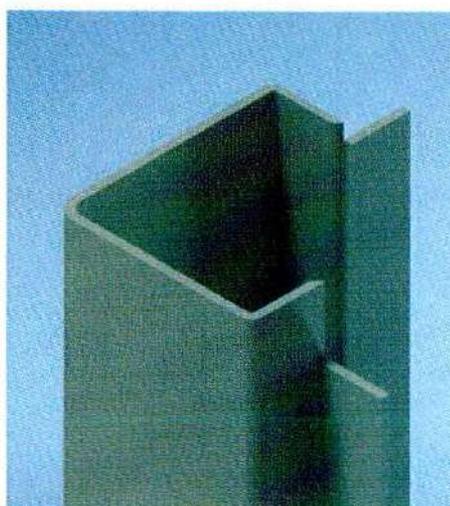
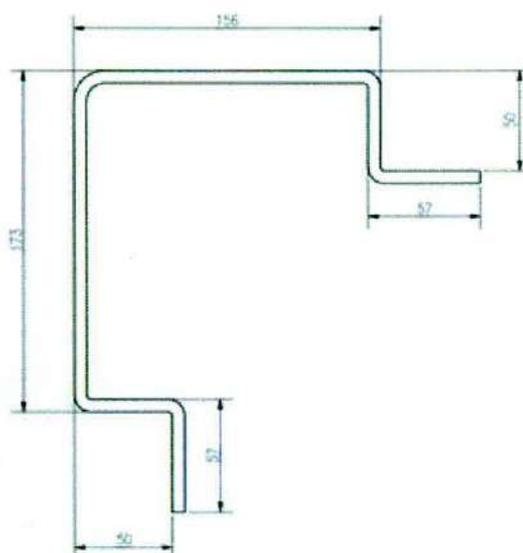


Ilustración 68 - Poste trasero



Viga trasera superior e inferior, travesaños laterales superiores: son los elementos que cierran los marcos de frente y fondo. El perfil es de tubo rectangular y tiene un espesor de 3.2mm.

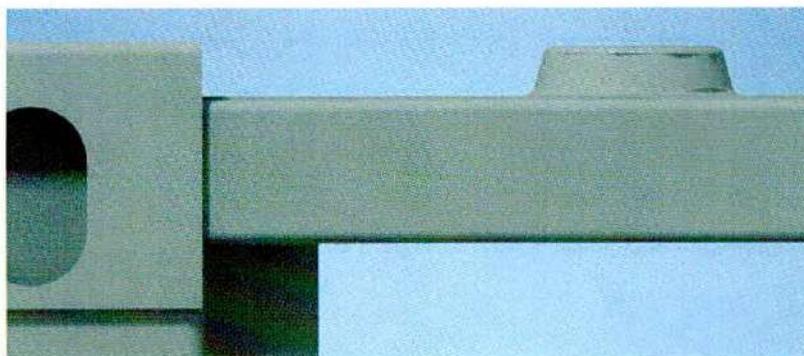
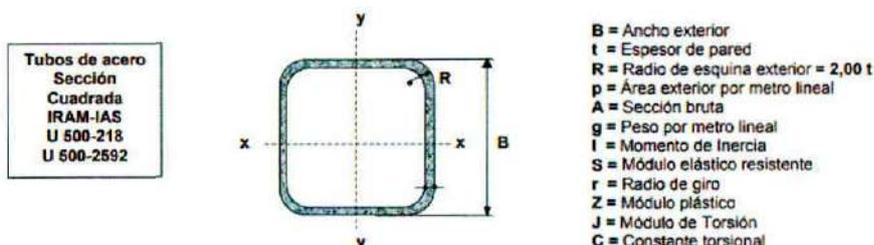


Ilustración 69 - Viga trasera superior e inferior



B	t	p	Ag	g	Ix=Iy	Sx=Sy	rx=ry	Zx=Zy	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
60	1.60	0.23	3.67	2.88	20.67	6.89	2.37	7.99	31.78	10.90
	2.00	0.23	4.54	3.56	25.13	8.38	2.35	9.79	38.84	13.43
	2.50	0.23	5.59	4.39	30.32	10.11	2.33	11.93	47.18	16.47
	3.20	0.23	7.01	5.50	36.91	12.30	2.30	14.74	57.92	20.52
	4.00	0.23	8.55	6.71	43.52	14.51	2.26	17.66	68.87	24.84

Viga frontal superior: son los elementos que cierran los marcos de frente. El perfil es de tubo rectangular de 120 x 110 y tiene un espesor de 3.2mm. Presenta una chapa soldada del mismo espesor que sobresale 22mm.

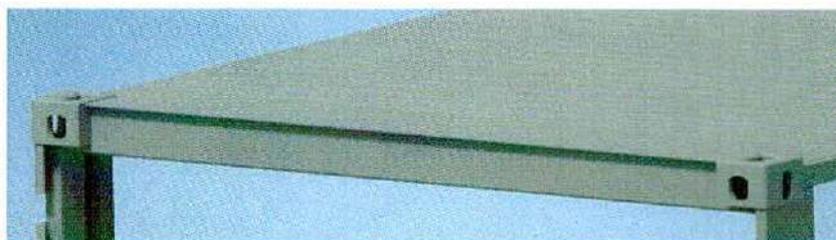
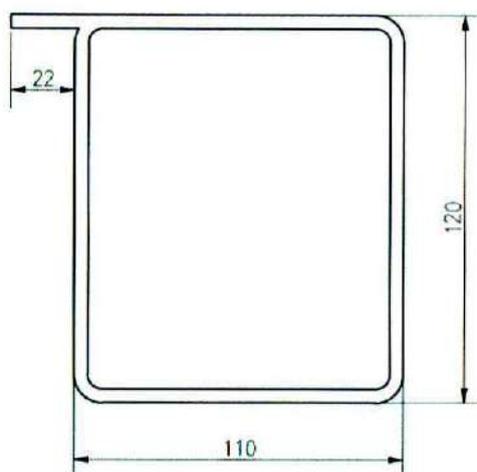


Ilustración 70 - Viga frontal superior

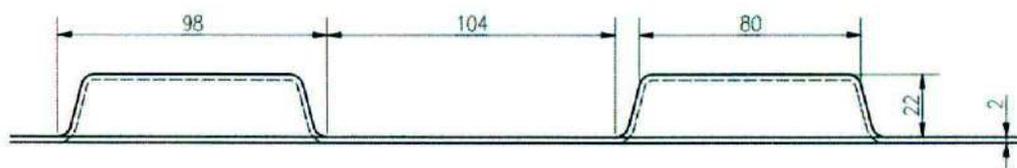
Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel



Panel de techo: Está hecho en chapa de 2 mm de espesor, soldadas a las vigas laterales superiores.



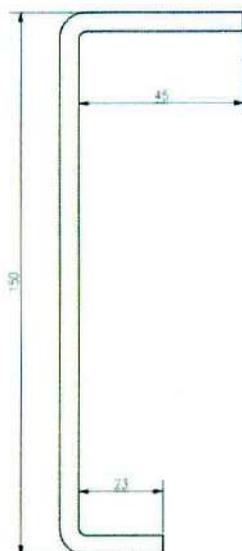
Ilustración 71 - Panel de techo



Viga lateral inferior: es el elemento estructural en el cual está apoyadas las vigas del piso, está fabricado con chapa de espesor 3/16".



Ilustración 72 - Viga lateral inferior



Esquineros o dados: son los elementos de unión que se encuentran en los vértices del contenedor y que unen extremos del travesaño con los largueros y postes de esquina.

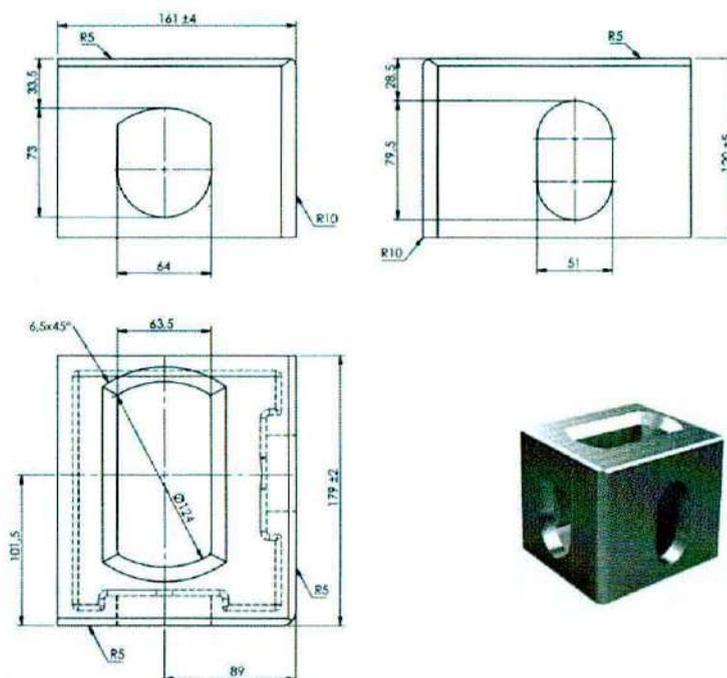


Ilustración 73 - Esquineros

Travesaños del piso o bao: son vigas transversales dispuestas a una distancia promedio de 320mm entre sí, que sirven para unir los

largueros inferiores formando la base para apoyar el piso del contenedor. Son construidos con chapa de espesor 3/16".

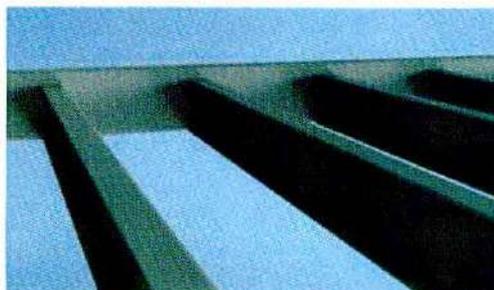
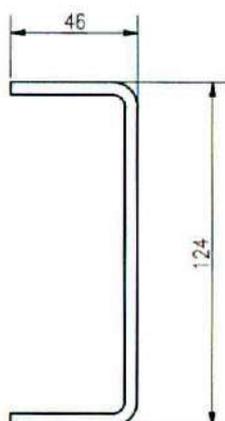


Ilustración 74 - Travesaños del piso.



Hipótesis de cálculo

- La altura de las cuerdas para el izaje será de 5m o mayor.
- Se considera que la carga a izar no supera en ningún caso el peso del contenedor más todos los componentes del gimnasio que fueron mencionados.
- No se consideran las cargas que pudiese generar el efecto del viento a la hora del izaje.
- La maniobra de izaje será realizada cuando la velocidad del viento sea menor a 40 km/h, la medición a considerar es medición instantánea y no valores promedio. El punto de medición que se considera como referencia es la estación meteorológica más cercana al lugar donde se realice la maniobra.

- Se considera que el contenedor será nuevo y sin presentar fallas.
- La construcción se realizará según lo indicado en los planos de referencia.
- Se realizarán los controles necesarios durante la construcción para asegurar lo indicado en el plano de referencia.

Tensiones admisibles:

En función del factor de seguridad, se debe afectar a la tensión de rotura de los componentes que conforman la estructura para establecer la tensión admisible de cada uno de ellos, según lo establecido en el artículo 118 del Decreto 351/79 de la Ley 19587 de Higiene y Seguridad, se debe diseñar con un factor de seguridad igual a 5 respecto a la tensión de rotura del material en caso de que se trate de equipos de izaje, debido a que en este caso no se tiene un equipo de izaje sino un equipo que será izado, pero se pretende resguardar la seguridad de las personas, se considera utilizar un factor de seguridad igual a dicho valor, por lo que se toma un factor de 5 para verificar la estructura en condición de izaje y mantenimiento:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{5}$$

- Chapas y/o Perfiles estructurales de calidad F24.
 - Tensión admisible (σ_{adm}) = 74 MPa

Para estructuras secundarias del gimnasio como son la estructura de los paneles y del aerogenerador se utilizará un coeficiente de seguridad igual a 3 para su verificación ante cargas generadas por vientos.

- Chapas y/o Perfiles estructurales de calidad F24.
 - Tensión admisible (σ_{adm}) = 123 MPa

Verificación del contenedor en condición de izaje:

Para este caso de carga se verifica el comportamiento del conjunto sometido a las reacciones producto del izaje ubicada en los extremos del contenedor sin paredes laterales más el peso de todos los componentes del gimnasio.

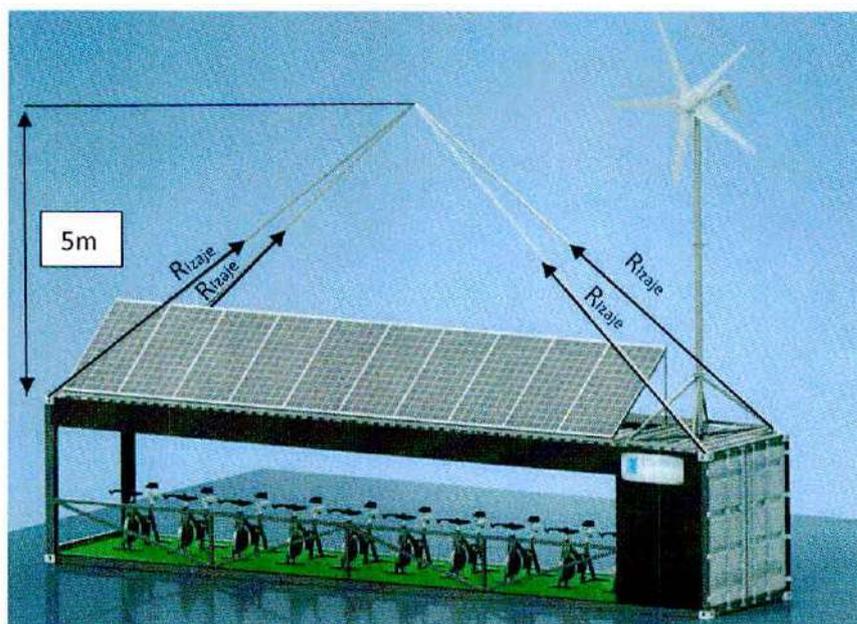


Ilustración 75 - Esquema de izaje

En esta etapa de pre-procesamiento se realiza el mallado, se establecen los tipos de contacto entre las piezas, se definen los esfuerzos y cargas aplicadas a la estructura.

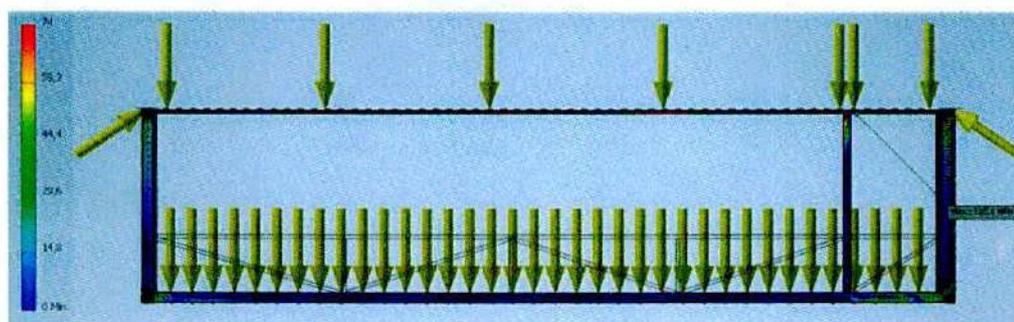


Ilustración 76 - Tensiones máximas en condición de izaje

Se observa que la estructura del contenedor presenta tensiones de servicio (101.1 MPa) con valores superiores a la tensión máxima admisible (74 MPa). Por lo tanto, **NO VERIFICA**.

Se propone realizar un refuerzo de la estructura en zonas críticas.

Refuerzo de estructura para condición de izaje:

Para el rediseño de la estructura se proponen los siguientes refuerzos:

- Caño estructural 60x30 espesor 3.2mm calidad F-24 según lo indicado en la siguiente imagen:

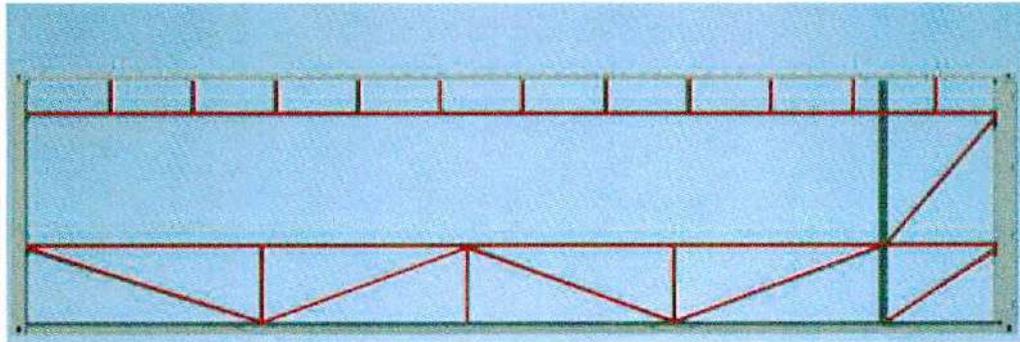


Ilustración 77 - Estructura del contenedor con refuerzos

A continuación, se muestra el modelo 3D de la nueva estructura con las cargas aplicadas en condición de izaje.

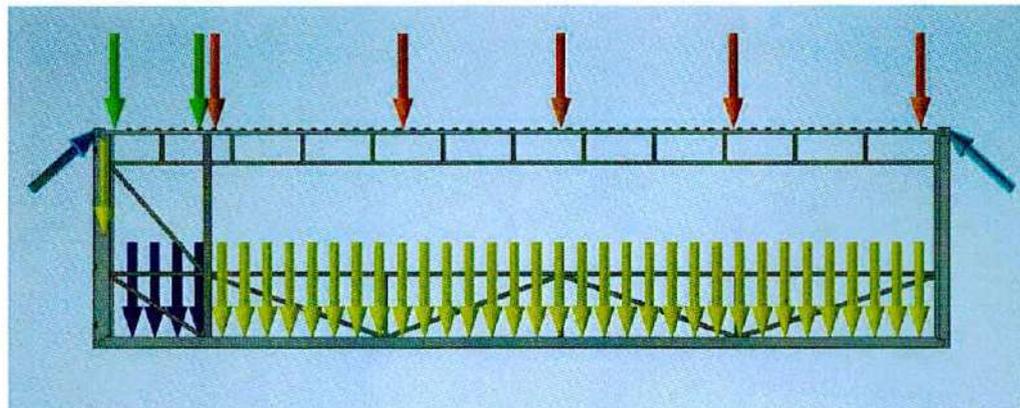


Ilustración 78 - Cargas actuantes en estructura con refuerzos

Donde:

Flecha celeste = R_{Izaje}

Flecha celeste = $P_{\text{Sist solar}}$

Flecha verde = $P_{\text{Sist solar}}$

Flecha violeta = $P_{\text{Comp elect}}$

Flecha amarilla = P_{Bici}

Flecha amarilla unitaria = Indica la dirección de la gravedad

Flecha azul = Peso de la compuertas del contenedor

Resultados:

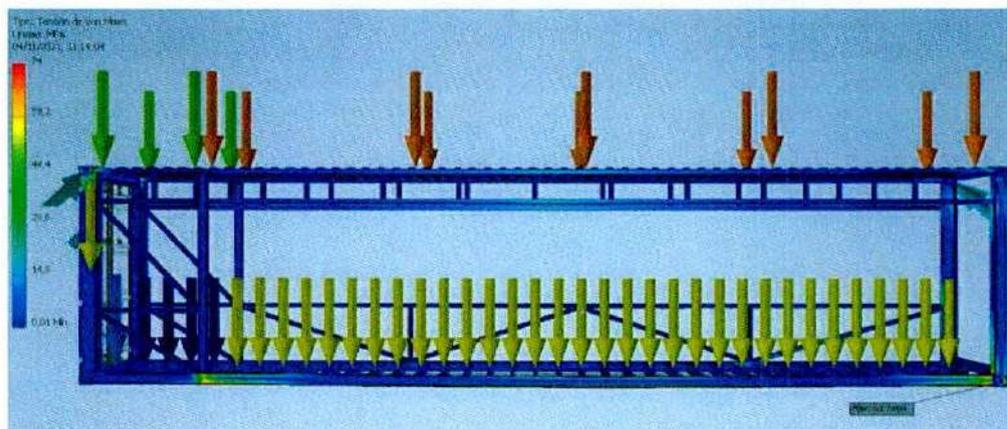


Ilustración 79 - Tensiones máximas en condición de izaje, estructura con refuerzos

Se observa que la estructura del contenedor presenta tensiones de servicio (63.3 MPa) con valores inferiores a la tensión máxima admisible (74 MPa). Por lo tanto la estructura **VERIFICA**.

Verificación por deformaciones

De CIRSOC 301 Tabla A-L.4.1. Valores límites para deformaciones y desplazamientos laterales (a) (b)

Tabla 19 - Valores limites para deformaciones

	Elemento	Flecha total	Flecha por carga variable	
			Por	
Deformaciones verticales	Barras soportando cubiertas rígidas	L/200	Sobrecarga Útil	L/240
	Barras soportando cubiertas flexibles	L/150	Sobrecarga Útil	L/180
	Barras soportando pisos	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Vigas carril para grúas de capacidad ≥ 200 Kn		Rueda sin impacto	L/800 (c)
	Vigas carril para grúas de capacidad < 200 Kn		Rueda sin impacto	L/600 (c)

En particular las vigas para piso se tomó como flecha L/250. Las demás partes estructurales se consideró L/200.

Deformación máx. Para pisos= $12.000\text{mm}/250=48\text{mm}$

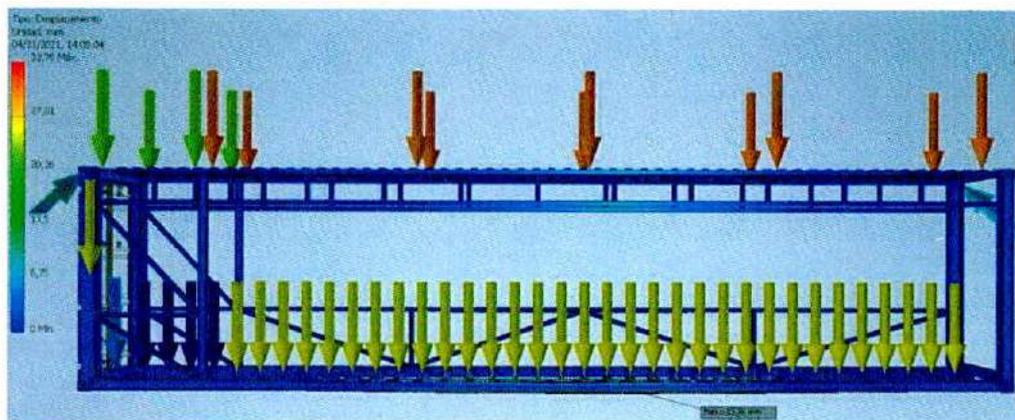


Ilustración 80 - Demormación máxima en condición de izaje

Deformación del piso menor a la máxima permitida ($33.76\text{mm}<48\text{mm}$) por lo tanto **VERIFICA**.

Verificación de componentes en condición de mantenimiento:

En el apartado 4.9.2. "Cubiertas para propósitos especiales" de la norma CIRSOC 101 establece una sobrecarga adicional en superficies que representa la permanencia de personas o equipos transitorios ($300\text{kg}/\text{m}^2$). El gimnasio cuenta con un piso de 8m^2 en la parte superior para el mantenimiento de los paneles solares.



Ilustración 81 - Plataforma para mantenimiento

Para verificar la estructura del gimnasio en esta condición, se calculan los esfuerzos que son transmitidos en los puntos de apoyo.

Las cargas actuantes son:

$P_{\text{Sist solar}} = 673\text{kg}$

Sobrecarga adicional en plataforma: 2400kg

Diagrama de fuerzas:

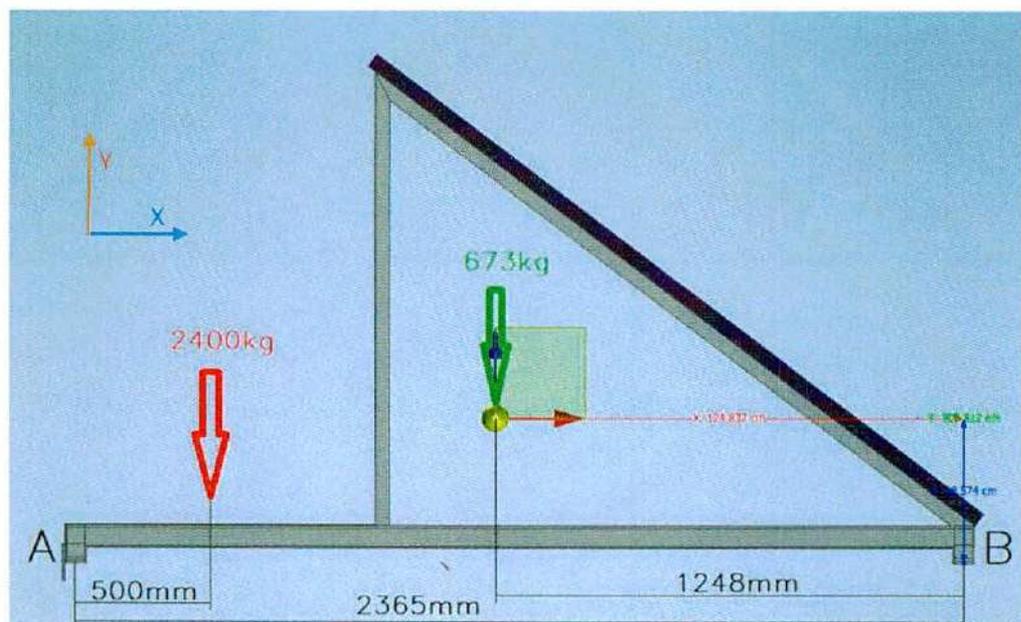


Ilustración 82 - Diagrama de fuerzas en estructura del sistema solar

Donde:

Flecha roja: fuerza resultante de la carga distribuida en la plataforma

Flecha verde: centro de masa (paneles + estructura de paneles)

A continuación se calculan las reacciones en A y B:

$$\sum M_B = 0$$

$$\sum M_B = 673kg * 1248mm + 2400 * 1865mm - F_A * 2365mm = 0$$

$$F_A = 2248kg$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = 2248 - 2400 - 673 + F_B = 0$$

$$F_B = 825kg$$

Esfuerzos transmitido en apoyos (se consideran 5 puntos de apoyo):

$$F_A' = 2248kg/5 = 449,6kg$$

$$F_B' = 825kg/5 = 165kg$$

Donde:

F_A' es la fuerza que se trasmite en cada apoyo (se representa en color rojo)

F_B' es la fuerza que se trasmite en cada apoyo (se representa en color negro).

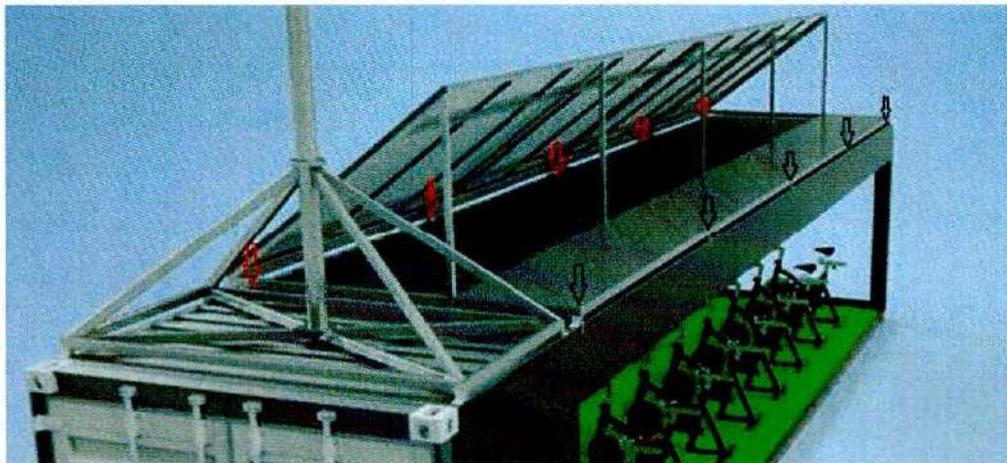


Ilustración 83 - Esfuerzos transmitidos a la estructura del contenedor

A continuación, se muestra el modelo 3D con las cargas aplicadas.

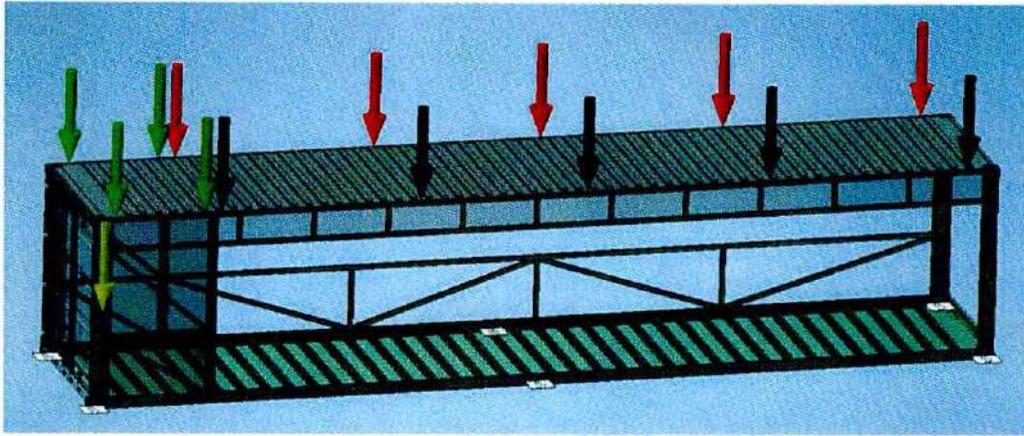


Ilustración 84 - Cargas aplicadas en condición de mantenimiento

Donde:

Flecha verde: $P_{Sist Solar}$

Flecha roja : F_A'

Flecha negra : F_B'

Flecha amarilla: indica la dirección de la gravedad, tiene en cuenta el peso de los materiales.

Observaciones: En los perfiles inferiores del contenedor se establecen las restricciones.

Tensiones en condición de mantenimiento

Las tensiones en condiciones de servicio serán comparadas contra la máxima admisible establecida en el ítem **TENSIONES ADMISIBLES** de este informe. Es importante destacar que pueden existir esfuerzos localizados que den como resultado tensiones superiores a la admisible, debido a rendimientos en el mallado o en el mismo solver. Por lo tanto, no se pretende que el resultado de esos esfuerzos localizados sea el que determine la verificación o no verificación del contenedor.

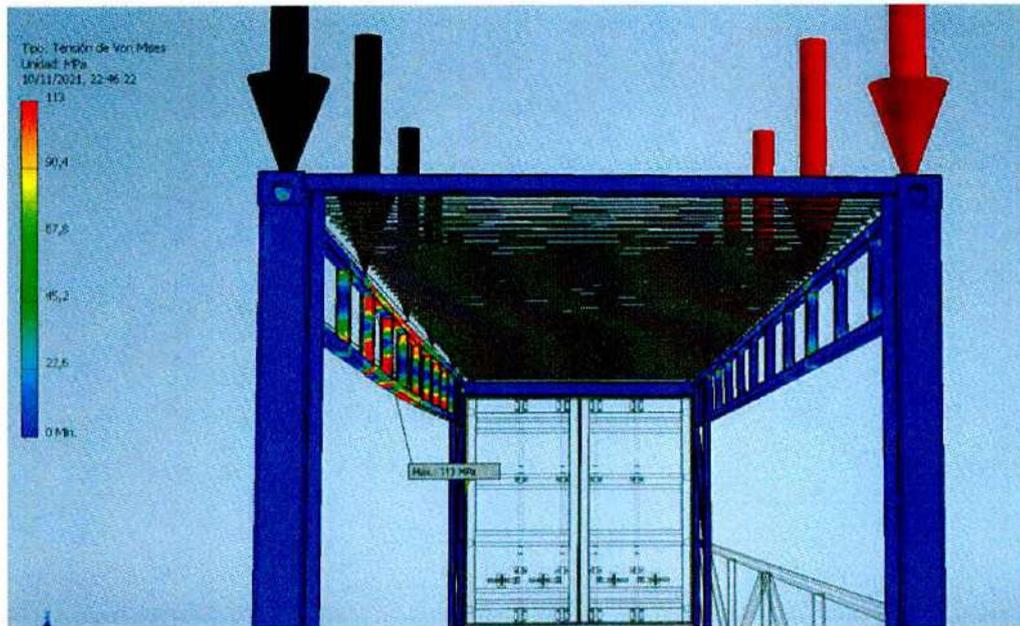


Ilustración 85 - Tensiones máximas en condiciones de mantenimiento

Se observa que la parte superior de la estructura del contenedor presenta tensiones de servicio (111 MPa) con valores superiores a la tensión máxima admisible (74 MPa).

Por lo tanto, **NO VERIFICA**

Se realiza un refuerzo de la estructura en las partes críticas.

Refuerzo de estructura para condición de mantenimiento

Para el rediseño se proponen las siguientes modificaciones:

- Caño estructural 60x30 espesor 3.2mm calidad F-24 como se muestra en la siguiente imagen:

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

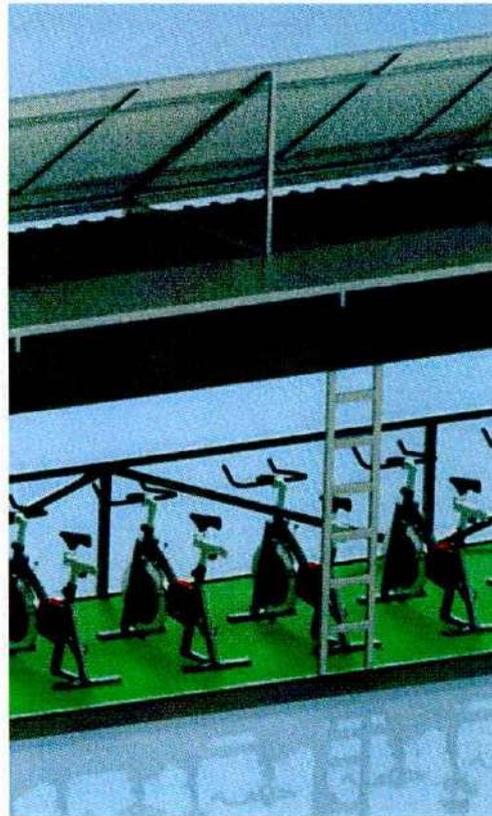


Ilustración 86 - Refuerzo en zona central de la estructura

A continuación, se verifica la estructura con las modificaciones realizadas:

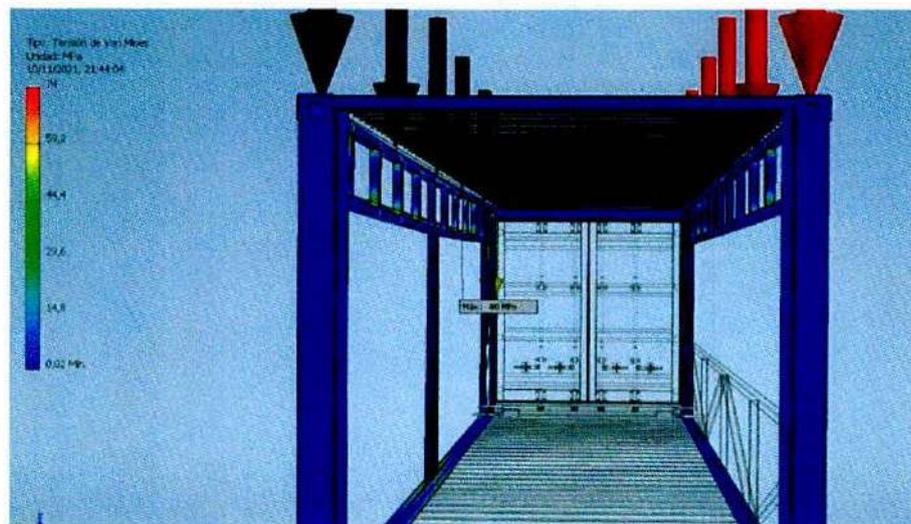


Ilustración 87 - Tensiones máx. en condición de mantenimiento con refuerzo central

Como se puede apreciar, existen zonas puntuales de tensiones elevadas, pero como se menciona al inicio de esta sección, pueden existir esfuerzos

localizados que den como resultado tensiones superiores a la admisible, debido a rendimientos en el mallado o en el mismo solver.

La tensión máxima hallada es de 80 MPa.

Deformaciones en condiciones de mantenimiento

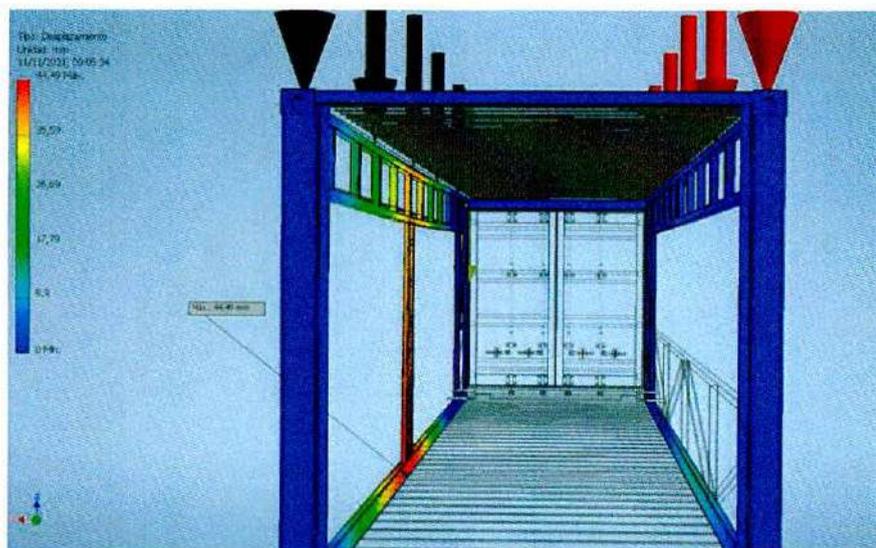


Ilustración 88 - Deformaciones máxima en condición de mantenimiento

Deformación del piso menor a la deformación admisible ($44,49\text{mm} < 48\text{mm}$) por lo tanto **VERIFICA**.

Resumen de resultados

CONDICIONES DE CARGA	TENSIÓN MÁXIMA [Mpa]	DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	TENSIÓN DE COMPARACIÓN [Mpa]	DEFORMACIÓN DE COMPARACIÓN [mm]
IZAJE ESTRUCTURA ORIGINAL	101.1	-	74	48
IZAJE ESTRUCTURA REFORZADA	63.3	33.76	74	48
MANTENIMIENTO	80	44.49	74	48

**Si bien existen tensiones puntuales mayores a las indicadas en la tabla resumen, estas son producto de concentración de tensiones localizadas las cuales pueden originarse por el rendimiento del mallado, tal como se indicó previamente.*

Verificación de la estructura ante cargas del viento

Se realiza el cálculo de la carga del viento para verificar que la estructura no se vuelque. Para dicho cálculo se utiliza la norma CIRSOC 102 "Acción del viento sobre las construcciones"

El método aplicado es el método 1 "PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO" debido a que la estructura cumple con las condiciones establecidas en el apartado 4.1 CAMPO DE VALIDEZ de la norma CIRSOC 102.

Procedimiento de diseño

Se determina la velocidad básica del viento V según la figura 1 A "VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO"

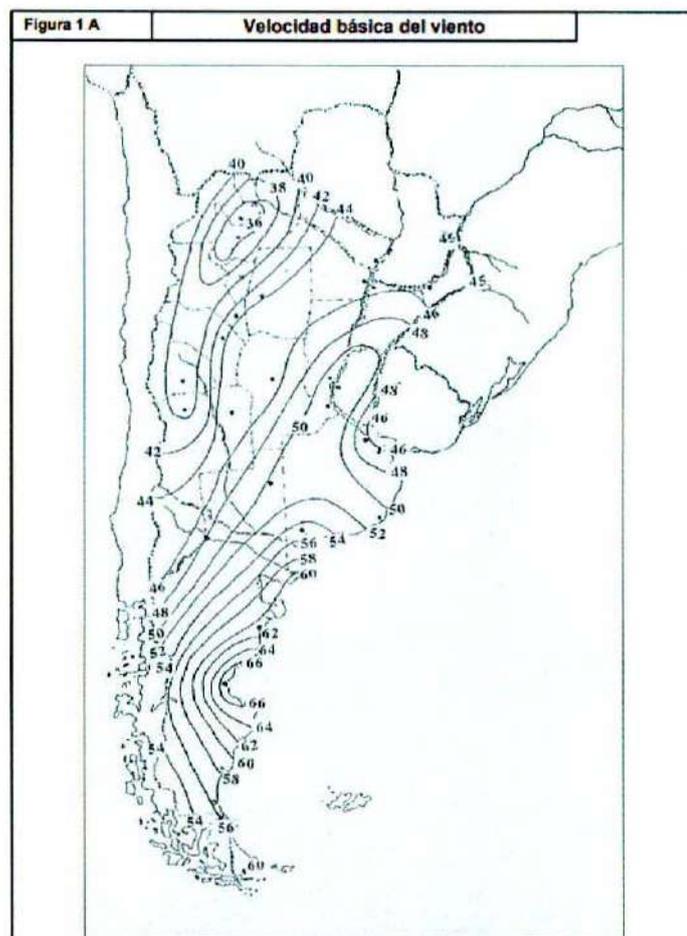


Ilustración 89 - Velocidades básicas del viento

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Los valores se refieren a velocidad de rafaga de 3 segundos en m/s a 10m.

Para la zona de Puerto Madryn se tienen vientos de 60m/s.

Se determina un factor de importancia I (ver Tabla 1 de la norma)

Categoría	I
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

Tabla 20 - Factor de importancia

La clasificación de edificios y estructuras en categorías se indican en la siguiente tabla:

Naturaleza de la Ocupación	Categoría
Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones Agrícolas. • Ciertas instalaciones temporarias. • Instalaciones menores para almacenamiento. 	I
Todos los edificios y otras estructuras excepto aquellos listados en Categorías I, III y IV.	II
Edificios y otras estructuras que representan un peligro substancial para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Edificios y otras estructuras donde se reúnen más de 300 personas en un área. • Edificios y otras estructuras para guarderías, escuelas primarias y secundarias con capacidad mayor que 150 personas. • Edificios y otras estructuras con instalaciones para el cuidado diurno con capacidad mayor que 150 personas. • Edificios y otras estructuras con una capacidad mayor que 500 personas para universidades o instalaciones para educación de adultos. • Instalaciones para el cuidado de la salud con una capacidad de 50 o más pacientes residentes pero sin instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. • Instalaciones para cárceles y detenciones. • Estaciones de generación de energía y otras instalaciones de utilidad pública no incluidas en la Categoría IV. 	III
Edificios y otras estructuras que contienen suficientes cantidades de sustancias tóxicas o explosivas como para ser peligrosas al público si se liberan, incluyendo, pero no limitado, a: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones petroquímicas. • Instalaciones para almacenamiento de combustibles. • Plantas de fabricación o almacenamiento de productos químicos peligrosos. • Plantas de fabricación o almacenamiento de explosivos. 	IV
Edificios y otras estructuras equipados con contención secundaria de sustancias tóxicas, explosivas u otras peligrosas (incluyendo, pero no limitado a, tanques de doble pared, recipientes de tamaño suficiente para contener un derrame u otros medios de contención de derrames o explosiones dentro de los límites de la instalación y prevenir la liberación de cantidades de contaminantes nocivas para el aire, el suelo, el agua freática o superficial) deben clasificarse como estructuras de Categoría II.	
Edificios y otras estructuras diseñadas como instalaciones esenciales, incluyendo, pero no limitados a: <ul style="list-style-type: none"> • Hospitales y otras instalaciones para el cuidado de la salud que tienen instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. • Cuarteles de bomberos, centros de rescate, estaciones de policía y garajes para vehículos de emergencia. • Refugios diseñados contra sismos, huracanes y otras emergencias. • Centros de comunicaciones y otras instalaciones necesarias para respuestas a emergencias. • Estaciones generadoras de energía y otras instalaciones de utilidad pública necesarias en una emergencia. • Estructuras auxiliares necesarias para la operación de aquellas de Categoría IV durante una emergencia (incluyendo pero no limitado a torres de comunicación, tanques de almacenamiento de combustible, torres de refrigeración, estructuras de sub-estaciones de electricidad, tanques de agua para incendio u otras estructuras de alojamiento o soporte de agua, otros materiales o equipamiento para combatir el fuego). • Torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo y hangares de emergencia. • Instalaciones de almacenamiento de agua y estructuras de bombeo requeridas para mantener la presión de agua para combatir incendios. • Edificios y otras estructuras con funciones críticas de defensa nacional. 	

Tabla 21 - Naturaleza de ocupación

TABLA A-1 - Clasificación de Edificios y Otras Estructuras para Cargas de Viento.

Se define una categoría III. Por lo tanto el factor de importancia es igual a 1.15.

A continuación se establece una categoría de exposición de acuerdo al apartado 5.6 "CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN" de la norma CIRSOC 102.

Tipo de exposición: Categoría D "Áreas costeras planas".

Se fija la categoría de cerramiento según el apartado 5.9 de la norma CIRSOC.

Categoría de cerramiento: Parcialmente cerrado.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente se procede a determinar las cargas de viento para el sistema principal, resistente a la fuerza del viento mediante la siguiente Tabla:

Sistema principal resistente a la fuerza del viento		$h \leq 10$ m							
Tabla 2	Presiones del viento de diseño	Procedimiento simplificado							
Edificios cerrados total y parcialmente		Paredes y cubierta							
PRESION DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m²)									
Ubicación	Clasificación del edificio	Velocidad básica del viento (m/seg)							
		38	40	45	49	54	58	63	67
Cubierta	Cerrado	-670	-766	-958	-1150	-1389	-1580	-1868	-2155
	Parcialmente cerrado	-910	-1006	-1245	-1485	-1772	-2107	-2443	-2778
Paredes	Cerrado total o parcialmente	575	671	814	958	1150	1389	1580	1820

Tabla 22 - Cargas de viento

Presión del viento en cubierta: -2241 (N/m²)

Presión del viento en paredes: 1465 (N/m²)

Los valores indicados deben multiplicarse por el factor de importancia (1.15) y por el factor de exposición según lo determina la siguiente tabla:

Exposición	Factor
C	1,40
D	1,66

Tabla 23 - Factor de exposición

Tipo de exposición: Categoría D "Áreas costeras planas"

Factor: 1.66

Para el cálculo de presiones en cubierta la norma establece que para aquellas cubiertas que superen los 10m² se debe considerar un factor de reducción:

Área (m ²)	Factor de reducción (Se permite interpolación lineal)
≤ 10	1,0
25	0,9
≥ 100	0,8

Tabla 24 - Factor de reducción

Cubierta del contenedor: 12mx2.5m = 30m²

Factor de reducción: 0.9

Presión Total del viento en cubierta: $-2241 \times 1.15 \times 1.66 \times 0.9 =$

3850 (N/m²)

Presión del viento en paredes: $1465 \times 1.15 \times 1.66 = 2796$ (N/m²)

Estas presiones se aplican a cada superficie exterior:

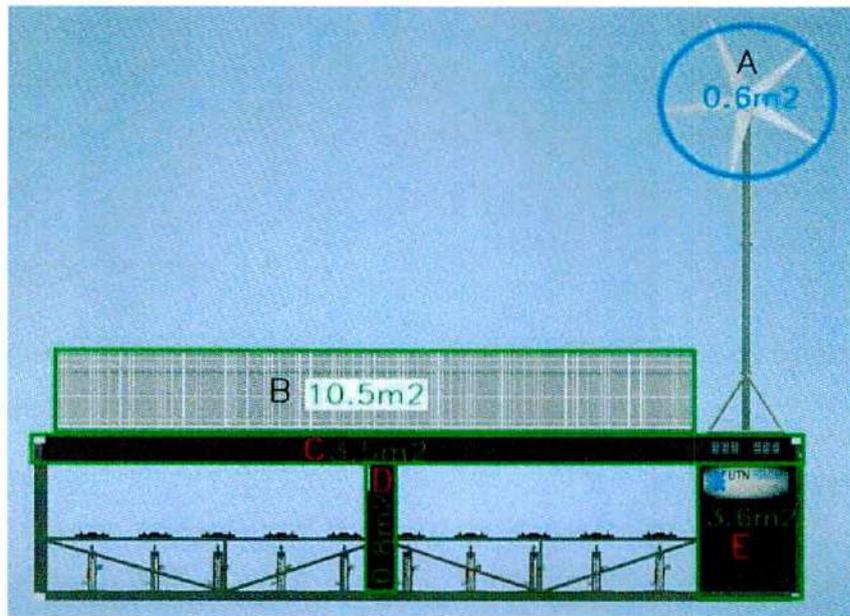


Ilustración 90 - Superficie del contenedor en contacto con el viento

Se obtienen las fuerzas actuantes en cada superficie

$$F_A = 0,6\text{m}^2 \times 2796\text{N/m}^2 = 1.677\text{N}^*$$

$$F_B = 10,5\text{m}^2 \times 2796\text{N/m}^2 = 29.358\text{N}$$

$$F_C = 3,5\text{m}^2 \times 2796\text{N/m}^2 = 9.786\text{N}$$

$$F_D = 0,8\text{m}^2 \times 2796\text{N/m}^2 = 2.236\text{N}$$

$$F_E = 3,6\text{m}^2 \times 2796\text{N/m}^2 = 10.065\text{N}$$

$$F_{\text{cubierta}} = 2,5\text{m} \times 10,4\text{m} \times 3850\text{N/m}^2 = 100.100\text{N}$$

*Se considera un área de incidencia del viento en las aspas del aerogenerador igual a la mitad del área generada por el radio de giro.

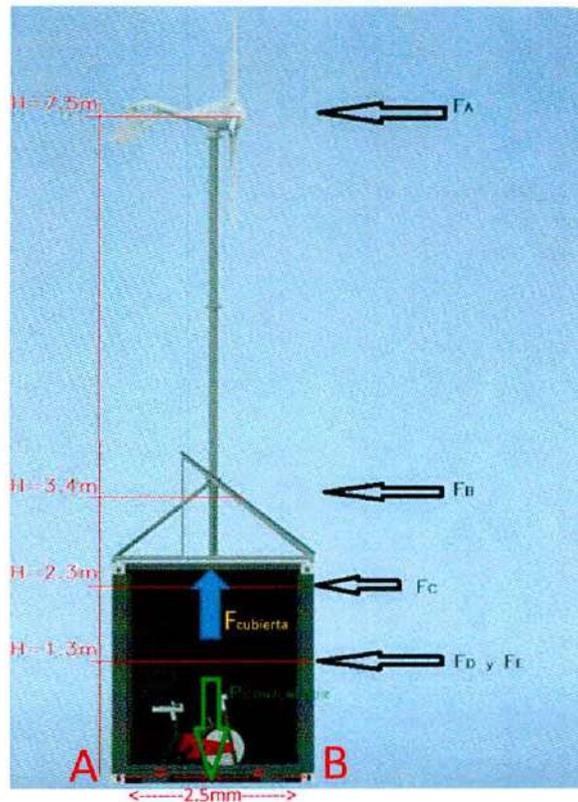


Ilustración 91 - Cargas del viento en gimnasio

Para verificar que la estructura del gimnasio no se vuelque debido a las cargas del viento, se aplica momento en los apoyos "A", considerándolos como punto de pivot. Los esfuerzos son transmitidos en los puntos de apoyo "B".

$$\sum M = 0$$

$$\sum M_A = F_A * 7,5m + F_B * 3,4m + F_C * 2,3m + F_D * 1,3m + F_E * 1,3m + F_{Cubierta} * 1,25 - P_{Cont.} * 1,25m - F_{Apoyo Front.} * 2,5m = 0$$

$$\sum M_A = 1677N * 7,5m + 29358N * 3,4m + 9.786N * 2,3m + 2.236N * 1,3m + 10.065N * 1,3m + 100.100N * 1,25 - 45.200N * 1,25m - F_{Apoyo Front.} * 2,5m = 0$$

$$F_{Apoyo Front.} = 93542N \text{ (Distribuido en los dos apoyos frontales)}$$

Con este estudio realizado se verifica que el gimnasio no cumple las condiciones de carga del viento, por lo que corre el riesgo de vuelco. Se debe realizar la fijación del gimnasio en el establecimiento que se vaya a instalar.

Fijación de estructura al suelo

Se considera poner 3 anclajes mecánicos por cada chapa de fijación como se muestra en la siguiente imagen:

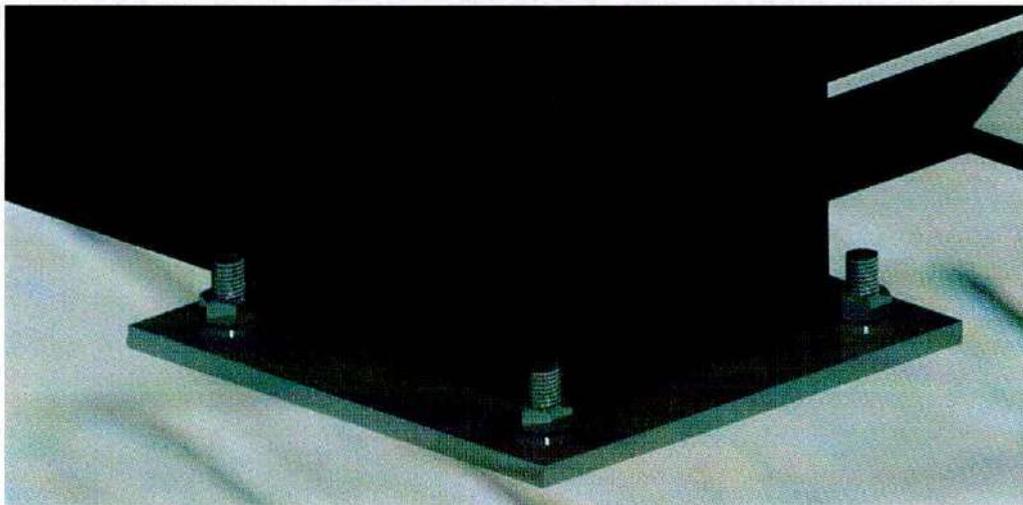


Ilustración 92 - Fijación de la estructura

La reacción en cada apoyo debido al viento será:

$$F_{\text{apoyo}} = F_{\text{apoyo B}} / 2$$

$$F_{\text{apoyo}} = 93.542\text{N} / 2 = 46.771\text{N}$$

Estos apoyos se verán "levantados" por acción del viento por lo tanto cada anclaje está sometido a una fuerza de tracción igual a:

$$F_{\text{ancl Tracc}} = F_{\text{X apoyo}} / 3 = 15.590 \text{ N}$$

La fuerza de corte será igual a la suma de todas las fuerzas paralelas al suelo generadas por el viento dividido por la cantidad de varillas totales (12):

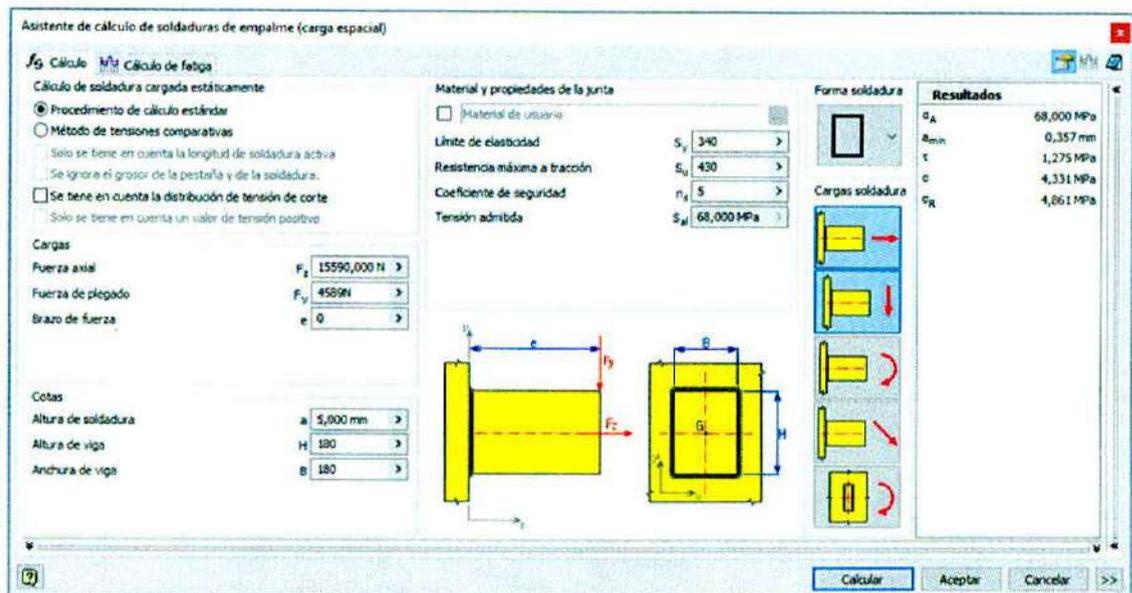
$$F_{\text{Var Cort}} = (F_A + F_B + F_C + F_D + F_E) / 12 = 4.589\text{N}$$

Para el cálculo de los anclajes y la placa de anclaje se utiliza el software que brinda la marca de anclajes Fischer que permite el análisis por elementos finitos obteniéndose las tensiones y deformaciones, pudiendo verificar que los elementos que recomienda el programa son aptos para las condiciones de trabajo.

El procedimiento de cálculo será el siguiente:

- Se cargan las fuerzas de corte y de tracción a la que están sometidas las varillas.
- Se define una placa de 300x300mm.
- Se define un tipo de suelo, en este caso se considera hormigón H30 debido a que es el hormigón comúnmente utilizado.
- Se establece una temperatura de trabajo (-10° a 40°)
- Se establece una superficie de contacto entre la placa y el apoyo del contenedor, en este caso es el cordón de soldadura que se calcula con el software inventor.

Diseño de Gimnasio Sustentable
 Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel



Esta soldadura es de filete de 5x5 mm realizada con electrodo E60xx, en todo el perímetro de los dados de apoyo del contenedor.

La tensión máxima resultante en la soldadura:

$$\sigma_R = 4,86 \text{ MPa} \ll 68 \text{ MPa (VERIFICA)}$$

Cálculo de los anclajes y la placa de anclaje:

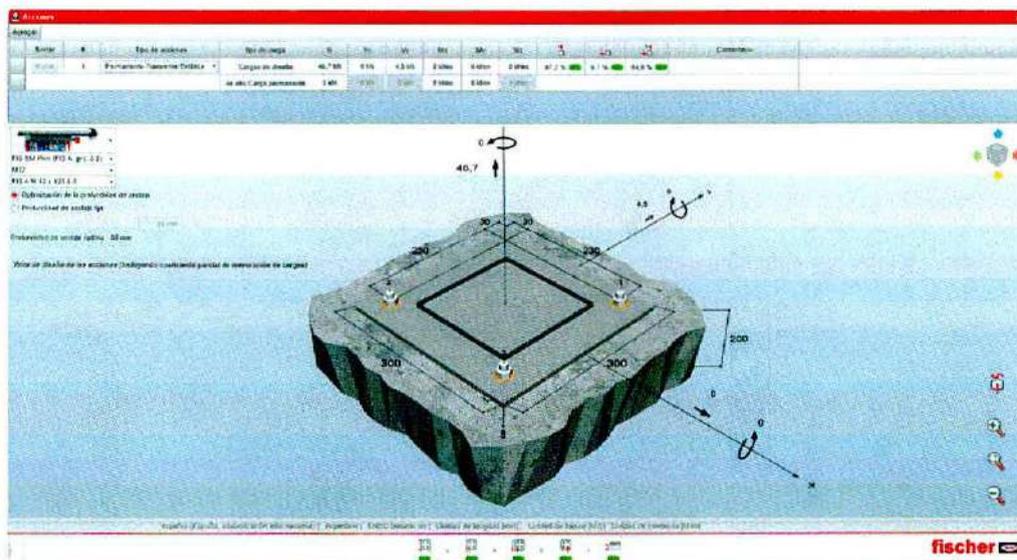


Ilustración 93 - Verificación de placa de anclaje

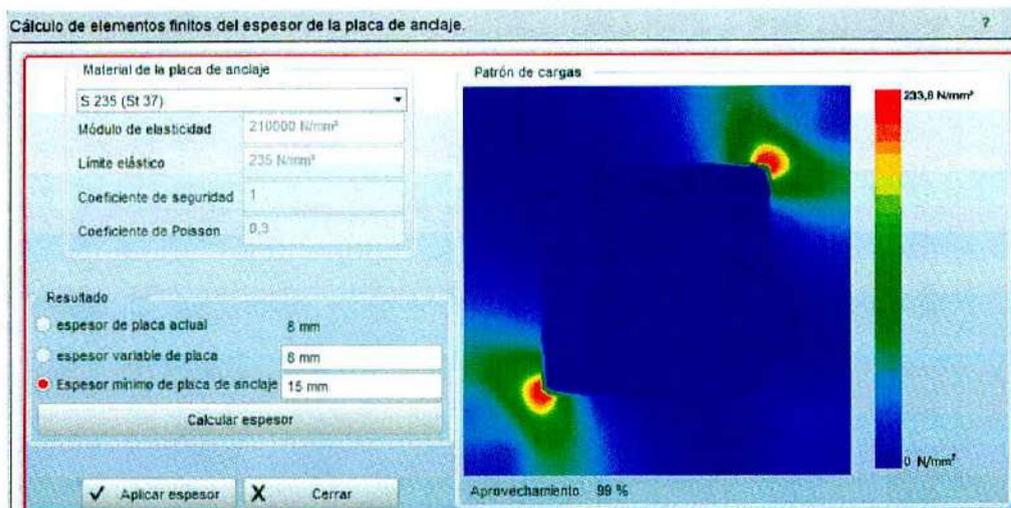


Ilustración 94 - Cálculo del espesor de la placa de anclaje

Resultados

Los resultados mínimos obtenidos mediante el programa son los siguientes:

- Anclaje mecánico M12 con una profundidad mínima de anclaje de 86mm.
- Hormigón H20, el espesor calculado es de 200 mm, puede llegar a un espesor mínimo de 150 mm.
- Espesor mínimo de placa de anclaje: 15mm, se opta por una chapa de 5/8". -Material de la chapa: S235 (F-24)

Verificación de estructuras bajo cargas de viento

Por último se verifica la estructura del aerogenerador, paneles solares y la del contenedor ante esfuerzos producidos por el viento.

- **Estructura del aerogenerador**

Como se vio en el apartado "Tensiones admisibles" se toma un coeficiente igual a 3 para estructuras secundarias, por lo tanto la tensión admisible que se utiliza para esta estructura es de 123MPa.

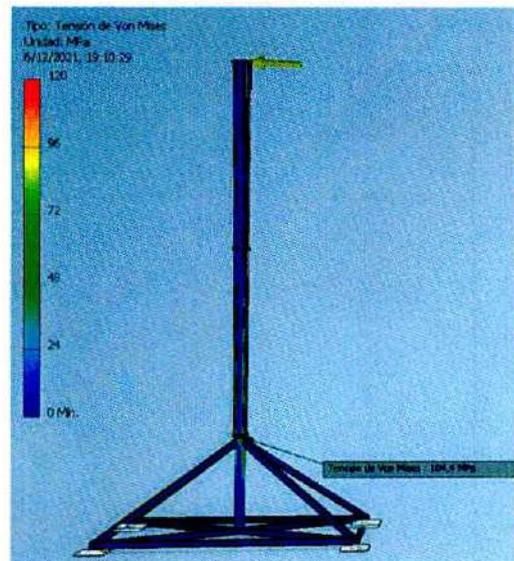


Ilustración 95 – Verificación estructura aerogenerador

Donde:

Flecha amarilla= FA

Se observa tensiones de servicio (104,4 MPa) menores a las admisibles. VERIFICA

- Estructura del sistema solar

Para esta estructura también se toma un coeficiente igual a 3 ya que se trata de una estructura secundaria, por lo tanto la tensión admisible que se utiliza es de 123MPa.

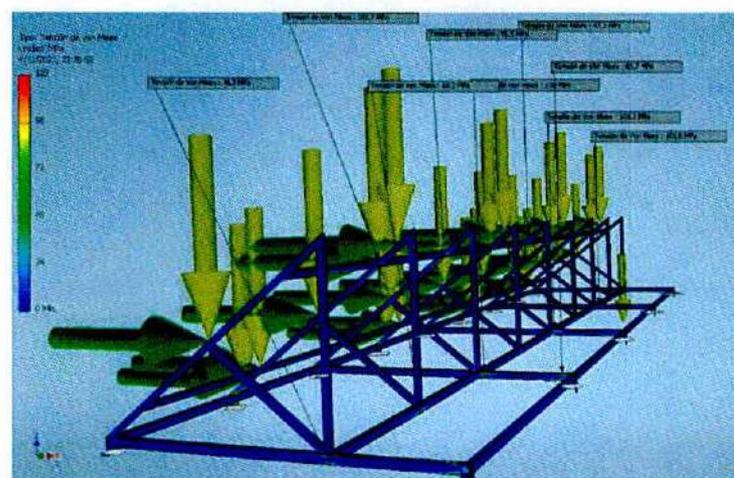


Ilustración 96 - Verificación estructura sistema solar

Donde:

Flecha amarilla= Peso de paneles solares (228kg)

Flecha verde= FB

Se observa tensiones de servicio (104,2 MPa) menores a las admisibles. **VERIFICA**

- **Estructura contenedor**

Como se vio en el apartado "Tensiones admisibles" se toma un coeficiente igual a 5 para estructuras primarias, por lo tanto la tensión admisible que se utiliza para esta estructura es de 74MPa.

Mediante el análisis realizado anteriormente se puede obtener del programa Inventor las reacciones en cada apoyo de las estructuras. Estas reacciones serán transmitidas a los puntos donde se fijan a la estructura del contenedor para su verificación.

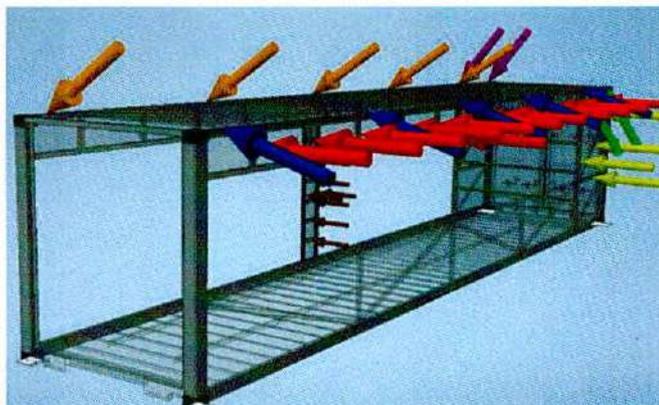


Ilustración 97 - Cargas de viento en estructura del contenedor

Donde:

Flecha marrón claro y azul= Esfuerzos de estructura solar causados por el viento

Flecha rosa y verde= Esfuerzos de estructura aerogenerador causados por el viento

Flecha marrón oscuro= FD

Flecha amarilla=FE

Flecha roja= FC

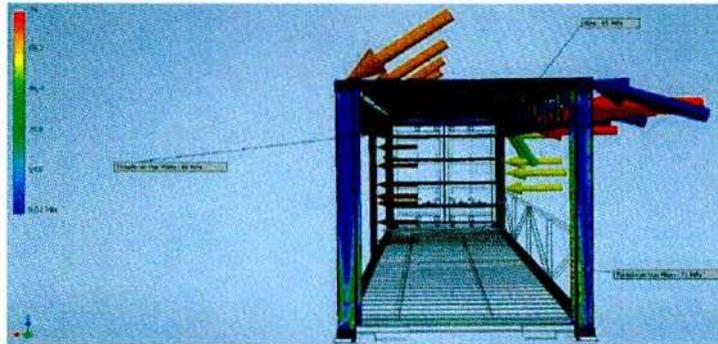


Ilustración 98 - Verificación estructura contenedor

Se observa tensiones de servicio (71 MPa) menores a las admisible. **VERIFICA**

Conclusión

Con este estudio realizado se verifica que la estructura del contenedor cumple las condiciones de carga, deformación y diseño establecidas.

Se debe realizar ensayo no destructivo de tintas penetrantes en todas las soldaduras realizadas para reforzar la estructura.

Cualquier aplicación y/o montaje de la que no esté bajo las condiciones establecidas, invalida esta memoria de cálculo.

Recomendaciones para el izaje:

- Antes de iniciar el procedimiento de izaje, verificar el estado de los tornillos de la estructura solar, eólica y bicicletas. Estos no deben presentar deformaciones, marcas o entallas. De ser así, reemplazar por tornillos en buen estado.
- Asegurar que la grúa a utilizar para el izaje soporte el peso de todo el gimnasio= 4500kg.

Todos los tornillos que se utilizan para fijar el dispositivo a la estructura del contenedor deben estar correctamente torqueados y ninguno debe estar suelto al momento del izaje.

CAPÍTULO VIII - Análisis ambiental y económico

8.1. Ganancias en venta de energía eléctrica:

La ganancia de la energía eléctrica está calculada en base al precio de compra de energía estabilizado de la distribuidora local al MEM, el cuál actualizado a Septiembre del año 2021 es de 3,1409 \$/Kwh de energía, y a la generación esperada por el gimnasio sustentable, por lo que el cuadro de ganancias se distribuye de la siguiente manera:

Generación	Generación [Kwh/año]	Valorización [\$/año]
Solar	5.003	15.714
Eólica	933	2.616
Mecánica	1.059	3.325
Total	6.895	21.655

Tabla 25 - Valorización ganancia por venta de energía

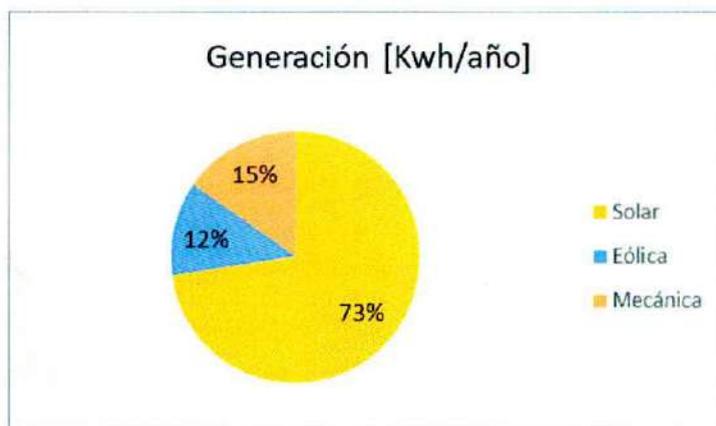


Ilustración 99 - Generación de energía por sistema

8.2. Evaluación económica:

Se realizó la evaluación económica del gimnasio sustentable la cuál contempla una inversión de \$2.561.851, dando como resultado una TIR de

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

-23% y un período de recupero que no es positivo en los 15 años posteriores a la implementación del gimnasio.

Evaluación Económica		
Inversión total	\$	-2.561.851
Tasa de descuento	% anual	10%
VAN	\$	-2.473.202
TIR	% anual	-23%
Recupero de inversión	Año	-

Inversión	Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inversión total	\$	-2.561.851	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000
1. Bicycletas generadoras	\$	-942.744															
2. Sistema solar fotovoltaico	\$	-798.182															
3. Sistema edífico	\$	-178.799															
4. Estructura y otros	\$	-642.126															
5. Costo Mantenimiento	\$		-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000

Ahorros	Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Salidos	\$		21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655	21.655
1. Saldo venta de Energía	\$		21.655														

Amortización			-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185	-256.185
--------------	--	--	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Flujo de fondos		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Flujo de fondos		-2.561.851	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655	11.655
VA		-2.561.851	10.595	9.632	8.757	7.960	7.237	6.579	5.981	5.437	4.943	4.493	4.085	3.714	3.376	3.069	2.790
VAN		-2.551.255	-2.541.623	-2.532.896	-2.524.906	-2.517.669	-2.511.090	-2.505.109	-2.499.672	-2.494.730	-2.490.235	-2.486.151	-2.482.437	-2.479.061	-2.475.992	-2.473.202	
TIR		-100%	-93%	-82%	-72%	-63%	-55%	-49%	-44%	-39%	-35%	-32%	-29%	-27%	-25%	-23%	

8.3. Evaluación ambiental

Mediante la implementación del gimnasio sustentable se generaría energía renovable, la misma suplantaría a la generación de energías no renovables, logrando un beneficio cuantificable para el medio ambiente ya que este tipo de energías son más limpias y no liberan gases de efecto invernadero al ambiente. La unidad de medida comparativa son los kilogramos de dióxido de carbono equivalentes que dejarían de emitirse.

El cálculo de emisiones tiene en cuenta que para generar un kwh de energía no renovable se necesitan 0,51 kgCO2 equivalentes más que con las renovables, por lo tanto el ahorro de emisiones por tipo de generación queda distribuido de la siguiente manera:

Generación	Generación [Kwh/año]	Emisiones [KgCo2/año]
------------	----------------------	-----------------------

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Solar	5.003	2.721
Eólica	833	453
Mecánica	1.059	576
Total	7.348	3.750

Tabla 26 - Ahorro de emisiones por sistema

Se puede observar que mediante la implementación del gimnasio sustentable se logra evitar emitir al medio ambiente 3.750 Kg de CO₂ equivalente al año de forma directa distribuidos de la siguiente manera:

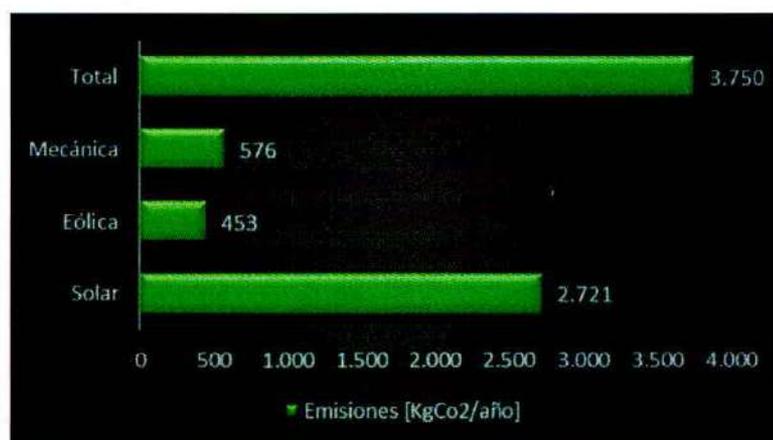


Ilustración 100 - Ahorro en emisiones de CO2 equivalente por sistema

Además de la parte cuantificable, se estima que este valor se eleva exponencialmente con los valores y el acercamiento de las energías renovables a las personas que utilizan el gimnasio sustentable y que comienzan a formar hábitos más saludables con el medio ambiente en sus hábitos cotidianos.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el planteo de los objetivos del proyecto “**Diseño de gimnasio sustentable**”, se observa que el impacto social y ambiental que puede generar la instalación de estos sistemas, sería de gran relevancia para las políticas actuales, a las que adhiere nuestro país en sintonía con el Acuerdo de París sobre Cambio Climático y el compromiso con la Agenda 2030 que promueve la sostenibilidad en todos los ámbitos de desarrollo humano.

Estas políticas abarcan el trabajo con las ciudades para apoyar el avance hacia contar con ciudades sostenibles, incluyendo la incorporación de consideraciones ambientales para la construcción y diseño de viviendas, el consumo y la producción sostenibles mediante la mejora de los procesos para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y la prevención de la contaminación entre otros temas.

A nivel internacional, estos esfuerzos están alineados con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, en especial el objetivo 7 "Energía asequible y no contaminante", el 12 "Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles" y 13 "Tomar acciones mitigar los riesgos climáticos".

El acceso a la energía para todos es esencial para casi todos los grandes desafíos con respecto a los empleos, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos y el aumento de los ingresos. La energía sostenible es una oportunidad que transforma vidas, economías y el medio ambiente; puede asegurar el acceso universal a los servicios de energía modernos, mejorar el rendimiento y aumentar el uso de fuentes renovables.

Teniendo en cuenta el contexto mencionado anteriormente podemos observar que los objetivos de este proyecto están alineados con las políticas ambientales que promueve el gobierno nacional, pues específicamente podemos nombrar las siguientes metas:

7.1) Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

7.2) Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

7.3) Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

12.7) Promover prácticas de adquisición pública que sean sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales.

12.8) Asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.

13.2) Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

13.3) Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Se puede mencionar que Argentina se encuentra entre los países con mayor grado de urbanización, actualmente más del 90% de los habitantes del país se concentra en las ciudades. Esto proporciona un mayor grado de interés en que los sistemas propuestos se coloquen en las ciudades, generando un impacto social que abarca a un mayor cúmulo de habitantes que en otros sectores.

Es posible gestionar desde la UTN Facultad Regional Chubut un convenio con entidades del gobierno para que estos proyectos se lleven a cabo, pues el ámbito académico y principalmente la vinculación federal que caracteriza a las UTN del país, pueden brindar carácter formal a la presentación del proyecto ante las autoridades del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Las metas de este proyecto están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible presentados por la Asamblea General de las Naciones Unidas, y a la cuál Argentina adhiere.

La implementación del presente proyecto lograría generar un impacto social y ambiental de gran magnitud y presentaría un gran atractivo para las políticas establecidas en el mundo hacia un futuro sostenible.

BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

- Tipos de Centrales de generación eléctrica
<https://www.foronuclear.org/>
- Matriz energética Mundial
<https://www.iea.org>
- Plan de Políticas Ambientales de Argentina
<https://www.argentina.gob.ar/>
- Libro García López 2009 Biomecánica Ciclismo FEMEDE
- Máquinas eléctricas Stephen J. Chapman tercera edición.
- Máquinas eléctricas Jesús Fraile Mora quinta edición.
- Durham E-Theses Axial flux permanent magnet machines for direct drive applications. Martin, Richard.
- CEI 82-25, Guía para la realización de un sistema de generación fotovoltaica conectada a la red de media y baja tensión. 2007.
- <https://www.enair.es/es/app>
- DTU (Universidad Técnica de Dinamarca)
- NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio)
<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Libro Instalaciones solares fotovoltaicas, Miguel Casa – Mónica Barrio.

- Gestión de proyectos – William Wallace 2014.
- Diseño y desarrollo de productos – Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger 5ta edición.

GLOSARIO

Fem	Fuerza electromotriz.
I	Intensidad de corriente.
R	Resistencia eléctrica.
P	Potencia eléctrica.
V	Diferencia de potencial.
W	Watts
RPM	Revoluciones por minuto.
COS α	Coseno del ángulo.
CC	Corriente continua.
CA	Corriente alterna.
f	Frecuencia eléctrica.
p	Número de polos.
Km	Kilómetros.
°C	Grados centígrados.
N°	Número.
H	Intensidad de campo magnético.
E	Fem.
L	Longitud.
v	Velocidad.
ω	Velocidad angular.
Φ	Flujo magnético.
B	Inducción magnética.
N	Norte.
S	Sur.
N	Número de vueltas en una bobina.
AWG	Calibre de conductor.
COD	Código.
RFG	Requerimiento funcional general.
RNFG	Requerimiento no funcional general.
RFE	Requerimiento funcional específico.
RNFE	Requerimiento no funcional específico.
Kwp	Kilowatt pico.
Coef.	Coeficiente.
Temp.	Temperatura.
ISC	Corriente de cortocircuito.
VOC	Tensión a circuito abierto.
VMPPT	Tensión de seguimiento de máxima potencia.

IMPPT Corriente de seguimiento de máxima potencia.
msn Metros sobre el nivel del mar.

UNIDADES

A	Amper.
V	Volt.
Ω	Ohm.
W	Watts.
s	Segundos.
Km	Kilómetros.
m	Metros.
mm	Milímetros.
H	Henrios.
Wb	Weber.
Nd	Neodimio.
Hz	Hertz.
T	Tesla.
π	Pi.
%	Porcentaje.
h	Horas.
Wp	Watts Pico

ANEXOS

Listado de costos materiales solar:

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Listado de materiales	Cantidad	Costo unitario	Total
Panel solar Trinasolar TSM-345PE15H	10	\$ 19.053	\$ 190.530
Inversor SMA Sunny Tripower 4.0	1	\$ 383.800	\$ 383.800
Cable Solar XLPE 4 mm ² C40S1556RD-M	8	\$ 174	\$ 1.392
Conectores MC4	8	\$ 224	\$ 1.792
LLAVE DE CORTE (ENTRADA Y SALIDA CON MC4) 1000VCC 32A - SISO-32M	1	\$ 9.863	\$ 9.863
PORTA FUSIBLE SOLAR gPV 1000VCC - SPF-15 (sin fusible)	2	\$ 1.012	\$ 2.024
Fusibles CC 15 A	2	\$ 451	\$ 902
Protector de descargas atmosféricas LKTD2-PV500 2P 40 kA 500VCC.	1	\$ 5.690	\$ 5.690
Interruptor termomagnético CC bipolar LKTB1-50/PV-C20 2P 20 A 500VCC.	1	\$ 4.173	\$ 4.173
Jabalina de puesta a tierra 1/2" x 1,5m	1	\$ 1.075	\$ 1.075
Estructura de los paneles	1	\$ 52.663	\$ 52.663
OTROS MATERIALES IMPREVISTOS (5%)	1	\$ 21.222	\$ 21.222
COSTO DE ENVIOS (5%)	1	\$ 24.970	\$ 24.970
MANO DE OBRA INSTALACIÓN (15%)	1	\$ 98.086	\$ 98.086
Total			\$ 798.182

Moneda: AR\$ Argentinos

Listado de costos materiales eólico:

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Aerogenerador 400W + regulador de voltaje	1	\$ 90.000	\$ 80.000
Convertidor DC-DC 12V-400V	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Soporte para el aerogenerador	1	\$ 34.332	\$ 34.332
Cable unipolar 1 x 2,5 mm	20	\$ 62	\$ 1.238
Interruptor termomagnético CA tetrapolar	1	2.418	\$ 2.418
Interruptor Seccionador 3p 20 A schneider	1	\$ 14.000	\$ 14.000
OTROS MATERIALES IMPREVISTOS (5%)	1	\$ 6.299	\$ 6.299
COSTO DE ENVIOS (5%)	1	\$ 7.314	\$ 7.314
MANO DE OBRA INSTALACIÓN (20%)	1	\$ 25.198	\$ 25.198
TOTAL			\$ 178.799

Moneda: AR\$ Argentinos

Listado de costos materiales bicicletas:

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Bicicletas fijas	10	\$ 30.000	\$ 300.000
Regulador Rectificador AC/DC 12V	10	\$ 6.000	\$ 60.000
Convertidor DC-DC 12V-400V	10	\$ 8.000	\$ 80.000
Interruptor Seccionador 3p 20 A schneider	10	\$ 14.000	\$ 140.000
Imanes de neodimio 20 x 10 x 3	480	\$ 180	\$ 86.400
Conductores de cobre AWG 18 x 1 kg	12	\$ 3.070	\$ 36.840
Rodamientos SKF	20	\$ 2.000	\$ 40.000
Eje mecanizado	10	\$ 3.000	\$ 30.000
Cable unipolar 1 x 2,5 mm	200	\$ 62	\$ 12.380
OTROS MATERIALES IMPREVISTOS (5%)	1	\$ 39.281	\$ 39.281
COSTO DE ENVIOS (5%)	1	\$ 39.281	\$ 39.281
MANO DE OBRA INSTALACIÓN (10%)	1	\$ 78.562	\$ 78.562
TOTAL			\$ 942.744

Moneda: AR\$ Argentinos

Listado de costos materiales estructurales y otros eléctricos:

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Contenedor marítimo	1	\$ 310.000	\$ 310.000
Caño estructural (6 mts) 60 x 60 x 3,2 mm	12	\$ 13.577	\$ 162.924
Gabinete metálico estanco IP65 850 x 600	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Gabinete metálico estanco IP65 400 x 500	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Interruptor termomagnético CA 380V tetrapolar C40	1	\$ 4.300	\$ 4.300
Interruptor Diferencial CA 380V tetrapolar AC40 30ma	1	\$ 7.232	\$ 7.232
Protector de descargas atmosféricas 385VCA - ADM5-4P	1	\$ 5.058	\$ 5.058
Bornera de conexión	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Interruptor termomagnético CC bipolar	1	\$ 4.173	\$ 4.173
OTROS MATERIALES IMPREVISTOS (5%)	1	\$ 11.334	\$ 11.334
COSTO DE ENVIOS (5%)	1	\$ 11.901	\$ 11.901
MANO DE OBRA INSTALACIÓN (15%)	1	\$ 82.203	\$ 82.203
		TOTAL	\$ 642.126

Moneda: AR\$ Argentinos

Cuadro tarifario servicio de energía eléctrica:

CUADRO TARIFARIO SERVICIO DE ENERGÍA
PERIODO DE FACTURACIÓN: SEPTIEMBRE 2021
DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

CD : Costo de Distribución

Compra de Energía M.E.M.: AGOSTO 2021

T1R - RESIDENCIAL (Hasta 10 kW)

T1R - General (categoria 1)

Rango	Desde kWh	Hasta kWh	Costo Distribución Tarifa Plena		Régimen de Paso Compra Energía M.E.M.(*)		
			CD (CF) (\$/mes)	CD (CV) (\$/kWh)	Tipo Usuario	Potencia (kW)	Energía Precio Estabilizado (\$/kWh)
T1R 1	0	50	88,67	1,9624	UR1	78,0681	3,1409
T1R 2	50,01	125	156,40	3,1072	UR1	78,0681	3,1409
T1R 3	125,01	150	312,73	3,1072	UR1	78,0681	3,1409
T1R 4	150,01	200	312,73	3,1072	UR2	78,0681	3,1409
T1R 5	200,01	400	521,49	3,4531	UR2	78,0681	3,1409
T1R 6	400,01	500	782,62	3,4531	UR2	78,0681	3,1409
T1R 7	500,01	700	782,62	3,4531	UR3	78,0681	3,1409
T1R 8	700,01	1400	782,62	3,4531	UR4	78,0681	3,1409
T1R 9	1400,01	en adelante	782,62	3,4531	UR5	78,0681	3,1409

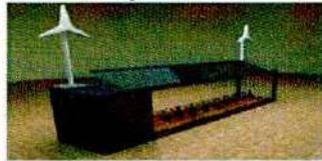
(*): El precio del MEM se calcula y se traslada en forma directa todos los meses en función de la Facturación de CAMMESA para cada tipo tarifario.

Exposición en jornadas de Ingeniería Electromecánica
coordinadas por el grupo de investigación GEMYS:

Diseño de Gimnasio Sustentable

Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

Diseño de gimnasio sustentable



PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ALUMNOS:
LOSIO NICOLAS
MIRANDA JUAN

PROFESOR A CARGO:
SANGIORGIO MARTIN



Diseño de gimnasio sustentable

INGENIERÍA BÁSICA



Bouquetto inicial



Diseño de gimnasio sustentable



OBJETIVOS GENERALES

- Promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables.
- Informar a la población sobre la problemática de una matriz energética dependiente de combustibles fósiles.
- Generar una cadena de concientización entre la población.
- Fomentar el ejercicio físico para incrementar el nivel de salud de los habitantes.
- Fomentar la auto generación de energía eléctrica.
- Ayudar económicamente a los miembros infantiles de la ciudad.
- Disminuir el nivel de generación de Gases de Efecto Invernadero.
- Fomentar actos solidarios a través de un beneficio personal (ejercitarse).

Diseño de gimnasio sustentable



APROXIMACIÓN DE RESULTADOS

Energía Generada

Edificios generadores	Mecánica	1400 (kWh/año)
Panels fotovoltaicos	Solar	5476 (kWh/año)
Almacenamiento de baja potencia	Ética	2538 (kWh/año)
GIMNASIO SUSTENABLE		9414 (kWh/año)

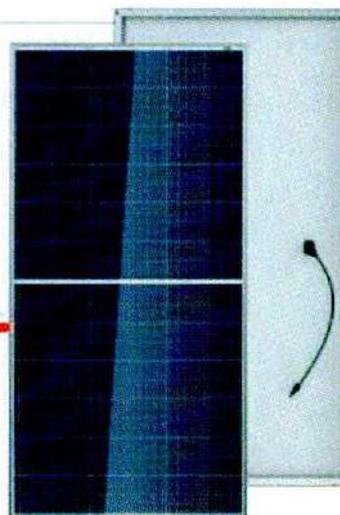


Catálogos de componentes:

Mono **Multi** Solutions

THE TALLMAX

FRAMED 72 LAYOUT MODULE



72 LAYOUT
 MULTICRYSTALLINE MODULE

340-355W
 POWER OUTPUT RANGE

17.5%
 MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
 POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS	POWER RANGE
TSM-PE15H	340-355W

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

Comprehensive Products and System Certificates

- IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716
- ISO 9001: Quality Management System
- ISO 14001: Environmental Management System
- ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
- ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System



Trina solar



Ideal for large scale installations

- Reduce BOS cost with higher power bin and 1500V system voltage



Half-cell design brings higher efficiency

- Low cell connection power losses due to half-cell layout (144 multicrystalline)
- Low thermal coefficients for greater energy production at high operating temperature



Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF etc.)
- Internal test requirement of Trina more stringent than certification authority
- PID resistant
- 100% EL double inspection

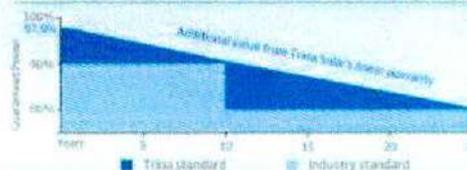


Certified to withstand the most challenging environmental conditions

- 2400 Pa negative load
- 5400 Pa positive load
- * 2400/5400 is the measured load, and the safety factor is 1.5 times

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty - 25 Year Linear Power Warranty

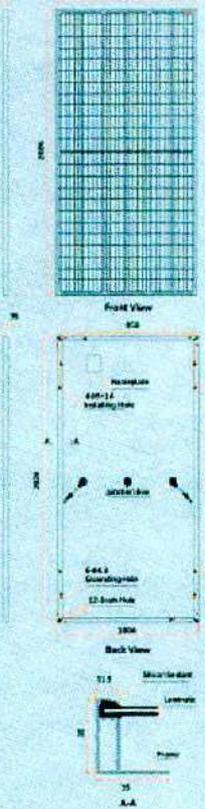


Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

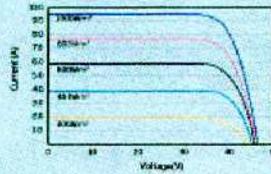
TALLMAX

72 LAYOUT MODULE

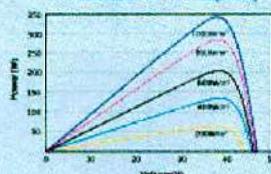
DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(345W)



P-V CURVES OF PV MODULE(345W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P _{MAX} (Wp)*	340	345	350	355
Power Output Tolerance- P _{MAX} (W)	0 ~ +5			
Maximum Power Voltage- V _{MPP} (V)	37.5	37.7	37.9	38.1
Maximum Power Current- I _{MPP} (A)	9.06	9.15	9.23	9.32
Open Circuit Voltage- V _{OC} (V)	46.2	46.4	46.7	47.0
Short Circuit Current- I _{SC} (A)	9.53	9.62	9.71	9.81
Module Efficiency η_m (%)	16.7	17.0	17.2	17.5

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM 1.5
*Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power- P _{MAX} (Wp)	257	261	265	269
Maximum Power Voltage- V _{MPP} (V)	35.5	35.7	35.9	36.1
Maximum Power Current- I _{MPP} (A)	7.24	7.31	7.37	7.45
Open Circuit Voltage- V _{OC} (V)	43.5	43.7	44.0	44.2
Short Circuit Current- I _{SC} (A)	7.69	7.76	7.83	7.91

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 25°C, Wind Speed 3m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2024 × 1004 × 35 mm (79.69 × 39.53 × 1.38 inches)
Weight	22.8kg (50.8lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 140mm/P 285mm (5.51/11.22 inches) Landscape: N 1400mm/P 1400mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2/TS4

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.38%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	-0.31%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	20A

(Do not connect Fuses in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

WARRANTY

- 10 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 30 pieces
- Modules per 40' container: 660 pieces

Trinasolar

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
© 2019 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
Version number: TSM_EN_2019_A www.trinasolar.com

SUNNY TRIPower 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0
con SMA SMART CONNECTED



Servicio inteligente con
SMA Smart Connected

Compacto

- Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 17 kg
- Mínima necesidad de espacio gracias al diseño compacto

Cómodo

- Instalación 100% plug & play
- Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places
- Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected

De gran rendimiento

- Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica
- Gestión de sombras mediante OptiTrac™ Global Peak o la comunicación TS4-R integrada

Combinable

- Ampliable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento
- Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos

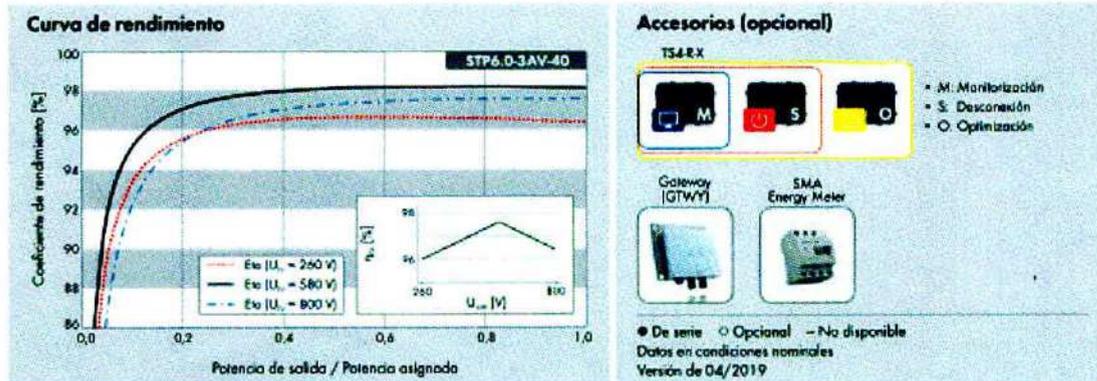
SUNNY TRIPower 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar

El nuevo Sunny Tripower 3.0-6.0 garantiza máximos rendimientos energéticos para los hogares particulares. Este combina el servicio integrado SMA Smart Connected con una tecnología inteligente para cualquier requisito del entorno. El equipo es fácil de instalar gracias a su diseño extremadamente sencillo. Mediante la interfaz web integrada, el Sunny Tripower puede ponerse rápidamente en funcionamiento a través del teléfono inteligente o la tableta. Y para los requisitos especiales en el techo, en caso de p. ej. sombra pueden añadirse fácilmente y de forma precisa los optimizadores de módulos TS4-R. Los estándares de comunicación actuales hacen que el inversor pueda ampliarse con seguridad para el futuro y de forma flexible en cualquier momento con la gestión inteligente de la energía y las soluciones de almacenamiento de SMA.

Diseño de Gimnasio Sustentable

Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel



Datos técnicos	Sunny Tripower 3.0	Sunny Tripower 4.0	Sunny Tripower 5.0	Sunny Tripower 6.0
Entrada (CC)				
Potencia máx. del generador fotovoltaico	6000 Wp	8000 Wp	9000 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	850 V	850 V	850 V	850 V
Rango de tensión del MPP	140 V a 800 V	175 V a 800 V	215 V a 800 V	260 V a 800 V
Tensión asignada de entrada		580 V		
Tensión de entrada mín./de inicio		125 V/150 V		
Corriente máx. de entrada, entradas A / B		12 A/12 A		
Corriente de cortocircuito máx. por entrada A/B		18 A/18 A		
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP		2/A:1, B:1		
Salida (CA)				
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	5000 W	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Tensión nominal de CA		3/N/PE, 220 V/380 V 3/N/PE, 230 V/400 V 3/N/PE, 240 V/415 V		
Rango de tensión de CA		180 V a 280 V		
Frecuencia de red de CA/rango		50 Hz/45 Hz a 55 Hz 60 Hz/55 Hz a 65 Hz		
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red		50 Hz/230 V		
Corriente máx. de salida	3 x 4,5 A	3 x 5,8 A	3 x 7,6 A	3 x 9,1 A
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable		1/de 0,8 inductivo a 0,8 capacitivo		
Fases de inyección/fases de conexión		3/3		
Rendimiento				
Rendimiento máx./rendimiento europeo	98,2 %/96,5 %	98,2 %/97,1 %	98,2 %/97,4 %	98,2 %/97,6 %
Dispositivos de protección				
Punto de desconexión en el lado de entrada		•		
Monitorización de toma a tierra/monitorización de red		•/•		
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica		•/•/-		
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal		•		
Clase de protección (según IEC 61140)/categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)		I/III		
Datos generales				
Dimensiones (ancho/alto/fondo)		435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)		
Peso		17 kg (37,4 lb)		
Rango de temperatura de funcionamiento		De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)		
Emisión sonora, típica		30 dB(A)		
Autoconsumo (nocturno)		5,0 W		
Topología / Sistema de refrigeración		Sin transformador / Convección		
Tipo de protección (según IEC 60529)		IP65		
Clase climática (según IEC 60721-3-4)		4K4H		
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)		100 %		
Equipamiento				
Conexión de CC/CA		SUNLIX/conector de enchufe de CA		
Visualización a través de teléfono inteligente, tablet o portátil		•		
Interfaces: WLAN / Ethernet / RS485		•/•/•		
Protocolos de comunicación		Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R		
Gestión de sombras: OptiTrac, Global Peak / TS4-R		•/•		
Garantía: 5/10/15 años		•/•/•		
Certificados y autorizaciones (otros a petición)		AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, DIN EN 62109-1/IEC 62109-1, DIN EN 62109-2/IEC 62109-2, EN 50438, GS9/3, GB3/2, NEN EN 50438, ÖVE / ÖNORM E 8001-4.712, PFD5, PFC, RD 1699, SI 4777, TR 3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE 0126-1-1, VFR 2014, RIG compliant, DEWA 2016, EN 62116, IEC 61727, IECEN 50438, NBR 16149, NRS 0972-1		
Certificados y autorizaciones (en planificación)		AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK		
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países				
Modelo comercial	STP3.0-3AV-40	STP4.0-3AV-40	STP5.0-3AV-40	STP6.0-3AV-40

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losío Nicolás, Miranda Juan Manuel

DATOS TÉCNICOS ALAMBRE DE COBRE		
NOMBRE COMERCIAL	INVEMID 220	INVEMID 200 CR
TIPO DE AISLAMIENTO	Esmaltado doble capa, con base de poliéster-amida y revestimiento externo de amida-imida.	Revestimiento interno de poliéster-imida con carga inorgánica y capa externa de amida-imida con carga orgánica de amida-imida.
CLASE TÉRMICA	220 C°	200 C°
NORMAS DE FABRICACIÓN	NEMA NW 35 C - Mw75 C	
PROPIEDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Óptima resistencia mecánica. - Resistencia a temperaturas elevadas. - Resistente a fluidos refrigerantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Óptima resistencia mecánica. - Resistencia al efecto corona. - Resistencia a temperaturas elevadas.
PRINCIPALES APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Transformadores eléctricos de baja, media y alta potencia. - Motores y herramientas eléctricas. - Balastos. - Herramientas eléctricas. 	Motores de corriente alternada, controlados por inversores de frecuencia.

ALAMBRE CIRCULAR DE COBRE							
Calibre AWG	Alambre Desnudo Diámetro nominal	Alambre Doble Capa			Resistencia Eléctrica	Tensión de Embobinado	Capacidad de Corriente 200 C°
		Incremento mín. (mm)	Diámetro Máx. (mm)	Long. Aprox. (m/kg)	Ohm / Km a 20°C	Kg	A
6	4,115	0,091	4,246	8,40	1,296	79,500	131
7	3,665	0,089	3,790	10,60	1,634	63,100	104
8	3,264	0,089	3,383	13,30	2,06	50,000	83
9	2,906	0,086	3,023	16,80	2,599	39,700	65
10	2,588	0,086	2,703	21,20	3,278	31,500	52
11	2,304	0,084	2,418	26,70	4,135	24,900	41
12	2,052	0,081	2,163	33,60	5,213	14,750	33
13	1,829	0,081	1,935	42,20	6,562	12,350	26
14	1,628	0,081	1,732	53,10	8,283	10,200	21
15	1,450	0,076	1,549	66,90	10,441	8,700	16
16	1,290	0,074	1,384	84,40	13,190	7,310	13
17	1,151	0,071	1,240	105,90	16,570	6,340	10
18	1,024	0,066	1,110	133,70	20,930	4,630	8,1
19	1,915	0,064	0,993	168,20	26,390	3,880	6,4
20	0,813	0,061	0,892	211,30	33,210	3,170	5,1
21	0,724	0,056	0,800	266,00	41,880	2,520	4,1
22	0,643	0,053	0,714	336,70	43,090	2,220	3,2
23	0,574	0,051	0,643	421,10	66,630	1,650	2,6
24	0,511	0,048	0,577	531,10	84,070	1,395	2

SolarLine®

Soluciones Inteligentes en Energía Solar

Aerogenerador 400W más controladora 12V / 24V externa

- Comienza a Girar: 2m/seg. = 7.2 Km/hora
- Producción ideal a 13m/seg. = 46.8 Km/hora
- Máximo viento soportado: 45m/seg. = 162 Km/hora
- Diámetro de palas: 1.3 metros
- Cantidad de Palas: 5
- Salida tipo trifásica ac, lo que le permitirá instalar más lejos el AEROGENERADOR si lo necesita y rectificar sobre el banco de baterías.
- Método de Frenado: Electromagnetismo
- Entorno: -40°C a 80°C
- Funciona tanto para bancos de baterías de 12 Volts como de 24 Volts, ya que el trabajo de regulación lo hace la controladora.

El aerogenerador tiene como salida 3 cables sin polaridad, donde genera la salida en ac trifásica, luego dentro de la controladora por medio de un puente rectificador, la misma pasa a corriente continua, y la corriente es regulada en función a la tensión del banco de batería de la instalación.

Tensión de corte/frenado del aerogenerador en 12Vcc es a 15Vcc

Tensión de corte/frenado del aerogenerador en 24Vcc es a 30Vcc

Al llegar a la tensión de batería llena, la unidad se magnetizara poniendo su eje central de giro duro para enlentar la cantidad de RPM.

Puede frenar la unidad electromagnéticamente, antes de subirla, o para mantenimiento en días de poco viento, puenteando / uniendo, los tres cables de salida trifásica del aerogenerador, previamente deberá desconectarlos del regulador para hacer esta tarea. No se recomienda este procedimiento en días de mucho viento, ya que la unidad pasará de muchas RPM a 0 RPM, y esto puede producir un daño en la unidad por el brusco frenado. Una vez liberado la unidad comenzará a girar cuando el viento sea el adecuado y el banco de baterías esté dentro de los parámetros de carga.

Curva de producción en función de los vientos incidentes

eje vertical producción en Watts

eje horizontal velocidad del viento en metros por segundo

equivalencia 1 metro por segundo equivale a 3.6Km/h, 11 metros x segundos 39.6Km/h



Los Aerogeneradores tienen su mayor rendimiento cuando el viento promedio laminar está en los 12-13m/seg. Lo importante en estos casos es que los vientos se mantengan constantes y sin turbulencias.

A medida que el viento aumenta, la cantidad de revoluciones por minuto asciende, dada la cantidad de RPM en función del viento incidente es la generación. Se requiere de un viento constante de una hora para la producción de determinada cantidad de energía.

Verifique los obstáculos cercanos que puedan estar causando turbulencias esto ocasiona que la unidad no pueda estar clavada de nariz al viento, una solución es mover la torre de lugar o aumentar la altura de la misma.

La ventaja que tiene este aerogenerador, que le permite retirar del banco de baterías la unidad ya que su salida trifásica ac, permite que pueda desplegar un cable de 3x2,5mm para cubrir una larga distancia sin pérdidas. El regulador siempre va en el sitio donde está el banco de baterías, no donde está el aereo.

Diseño de Gimnasio Sustentable
Losio Nicolás, Miranda Juan Manuel

DETALLES DE FABRICACIÓN

The blade has built-in copper inlay, and the bolt tightening doesn't damage the nylon fiber so that it is not easily deformed or broken.



1. The patented generator has low torque and high efficiency at startup. 2. Using high temperature Teflon wire, not easy to burn out the wire in the generator overload fever.

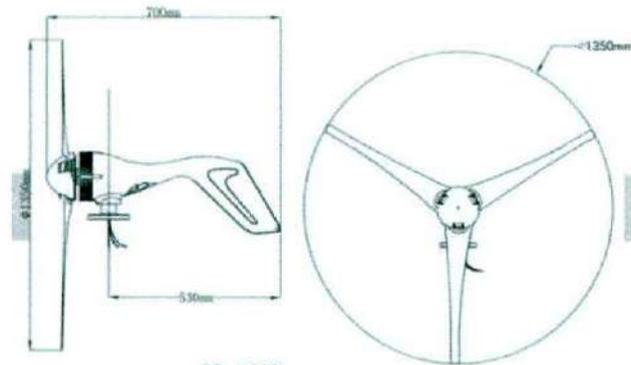


The hub grooves and blades are designed with tight matching to make the matching between the blade and the hub more accurate.



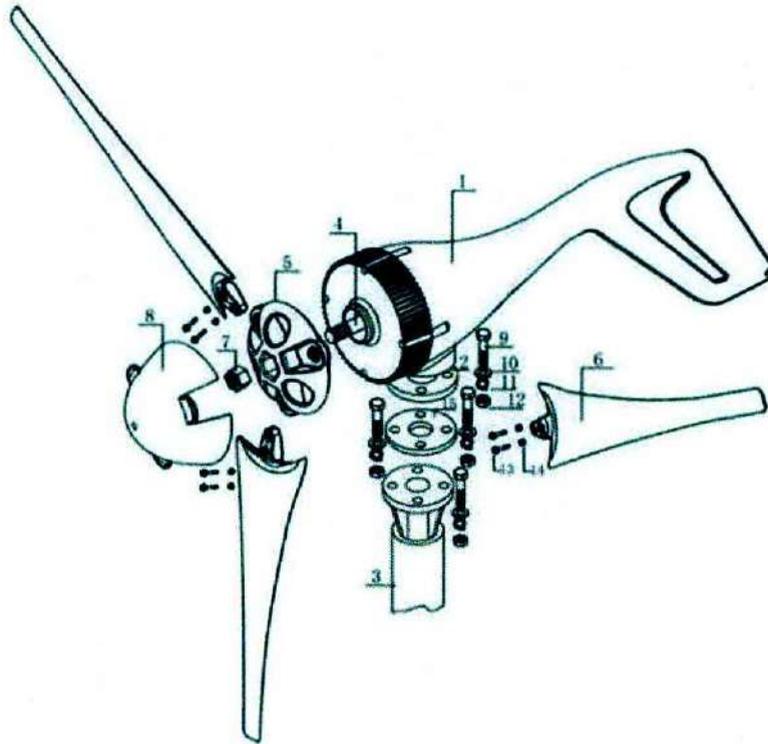
Double groove ball bearings using thicker, when the machine is running is not easy to shake.

MEDIDAS DE LA UNIDAD ARMADA



S2 400W

Despiece de componentes de la unidad



- 1.Wind turbines body 2.Wind turbine flange seat 3.steel tube support 4.Wind turbine shaft
5.Wind wheel hub 6.blades 7.The resistance of pine nut 8.fairing 9.screw bolt 10.flat washer
11.spring washer 12.nut 13.stainless screw 14. stiff nut. 15.rubber mat

REGULADORA DE CARGA DEL AEROGENERADOR, SOPORTA HASTA 600W 12V 24V

3 cables verdes de entrada sin polaridad para conectar el aereo
2 cables de salidas para conectar al banco, positivo (rojo) y negativo (negro)

