

**Mejoramiento Energético en UTN FrCh.**

Leonardo Adrián García y Oscar Rodrigo Oleini

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Chubut

Proyecto Final de Carrera de Ingeniería Electromecánica

Tutor: Ing. Garavaglia, Joaquín

Director: Ing. Reimondez, Martín

Diciembre de 2022

## **Introducción**

El crecimiento poblacional, urbanizaciones y desarrollo de tecnologías que cada vez dependen más del suministro eléctrico, contribuyen al cambio climático.

Para contribuir a la solución de esta problemática surge nuestra idea con el interés de demostrar que la generación de electricidad a partir de fuentes no convencionales de energía y su adecuada utilización como la de un sistema eléctrico automatizado, puede dar respuesta a la problemática contemporánea de generación contaminante (CO<sub>2</sub>).

El motivo principal para la implementación de este proyecto es aprovechar que nuestra casa de estudios es un ejemplo de superación y creador de conciencia para la comunidad, por lo tanto, generar un impacto de interés positivo e innovador.

## Contenido

Introducción .....	2
Capítulo I .....	16
Misión y Motivación .....	16
Objetivos .....	16
Propuesta – Energía Solar .....	17
Propuesta – Domótica .....	18
Capitulo II .....	20
Contexto energético actual .....	20
Matriz energética mundial.....	20
Matriz energética Argentina.....	22
Matriz energética primaria .....	23
Capitulo III.....	26
Herramientas utilizadas para la gestión de diseño .....	26
Plan de diseño.....	26
Listado de tareas .....	26
Descripción de las tareas .....	27
Diagrama Gantt .....	30
Especificaciones de requerimientos .....	31
Requerimientos Generales .....	31

Requerimientos Específicos .....	33
Capitulo IV.....	34
Energía solar.....	34
Ventajas de la energía solar .....	34
El sistema fotovoltaico conectado a red – ON GRID .....	35
Eficiencia del sistema ON-GRID .....	36
Estacionamientos solares.....	37
Dimensionamiento modular .....	37
Cálculo energía solar.....	39
Inclinación promedio recomendada por NASA .....	39
Inclinación óptima para las coordenadas.....	39
Inclinación elegida para el diseño .....	40
Promedio de la energía disponible en las coordenadas .....	40
Hora solar pico.....	40
Cantidad de HSP anuales.....	41
Producción específica .....	41
Paneles seleccionados.....	41
Potencia a desarrollar por el conjunto FV .....	42
Producción de energía del conjunto.....	42
Inversor seleccionado .....	43

Verificaciones de funcionamiento .....	43
Verificación con software PVsyst V7.2.11 .....	45
Sistema conectado a la red.....	45
Orientación .....	46
Catálogos ENERTIK con mismos valores que base de datos del Software.....	47
Sistema definido .....	47
Información de la aplicación .....	48
Los valores principales .....	49
Selección de conductores .....	50
Recomendaciones para la correcta conexión.....	50
Pérdidas por caída de tensión (CC) .....	51
Pérdidas por caída de tensión (CA).....	51
Conductor solar fotovoltaico de CC .....	53
Conductor de CA.....	53
AEA 90364-7-770 (2017) – “Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles”.....	53
Sistema de tendido.....	54
Sistema de tendido directamente enterrados .....	55
Protecciones eléctricas .....	55
Protecciones eléctricas de CC ENERTIK .....	55

Protecciones eléctricas de CA: ZOLODA.....	56
Diagrama unifilar de instalación .....	57
Puesta a tierra .....	58
Estructura modular .....	59
Criterios de selección.....	59
Método de evaluación ponderada según clasificación .....	60
Matriz de decisión .....	60
Estructura de estacionamiento Solar .....	61
Material de la estructura .....	62
Tensión admisible.....	63
Cargas de servicio.....	63
Tabla resumen de valores obtenidos.....	63
Cargas de Viento .....	65
CIRSOC 102 – Presión del viento.....	65
Resumen de los cálculos.....	66
Modelo de diseño .....	69
Tabla resumen de valores obtenidos.....	70
CIRSOC 301 -Aplicación de la norma.....	71
Deformaciones y Desplazamiento lateral .....	71
Cálculo de desplazamientos según norma CIRSOC 301.....	73

Fijación de estructura.....	79
Software de diseño de anclajes FIXPERIENCE .....	83
Unión entre placa base y estructura.....	85
Conclusiones del diseño .....	86
Capítulo V.....	87
Domótica.....	87
Criterios de selección de la tecnología Domótica a utilizar .....	88
Método de evaluación ponderada según clasificación .....	89
Matriz de decisión Domótica.....	90
Diseño Arduino .....	90
Control de la calefacción.....	91
Rejilla de conducto de calefacción .....	92
Medición de temperatura del ambiente y Funcionamiento del sistema.....	93
Control de la iluminación.....	94
Funcionamiento de la secuencia del PIR.....	94
Diagramas de conexión de componentes.....	95
Servidor web Arduino .....	99
Programas en Sketch Arduino .....	103
Comparación y explicación de los programas tipo A y tipo E .....	104
Cambio de Luminarias .....	114

Cálculos de potencia instalada proyectada debido a la modificación .....	116
Posible potencia instalada actual del edificio por iluminación.....	117
Potencia Instalada del edificio por iluminación con tecnología LED .....	119
Método de los lúmenes aplicado al Aula o Ambiente 1 .....	120
Cálculo del flujo luminoso .....	121
Software RELUX .....	132
Uso de Software RELUX .....	133
Detalles obtenidos del informe .....	134
Conclusión del cálculo del ambiente .....	146
Conclusiones de los cálculos con Relux .....	147
Análisis Económico y Ambiental .....	148
Evaluación económica.....	148
Evaluación ambiental .....	150
CONCLUSIONES .....	151
Unidades .....	153
Costos de Materiales .....	154
Costos de materiales Solares eléctricos.....	154
Costos de materiales para estructura solar .....	155
Costos de materiales Domótica.....	155
Costos de materiales Modificación Iluminación.....	156



Referencia ..... 157

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Modelo generación solar .....	17
Ilustración 2 - Placa Arduino NodeMCU .....	19
Ilustración 3 - Diseño de rejilla automática .....	19
Ilustración 4 - Matriz energética Mundial. Fuente: IEA.....	21
Ilustración 5 - Consumo mundial por fuente de energía. Fuente: IEA .....	21
Ilustración 6 - Matriz energética Argentina. Fuente Cammesa, Julio 2022.....	22
Ilustración 7 - Generación por fuente de energía. Fuente: Cammesa, Julio 2022 .....	23
Ilustración 8 - Tipo de generación mensual. Fuente: Cammesa, Julio 2022 .....	23
Ilustración 9 - Participación de energías renovables. Fuente: Cammesa, Julio 2022 .....	24
Ilustración 10 - Irradiación solar promedio. Fuente: Atlas de la República Argentina - Grossi/Righini .....	25
Ilustración 11 - Consideraciones para el diseño .....	35
Ilustración 12 – Eficiencia sistema ON-GRID .....	36
Ilustración 13 - Sistema ON-GRID.....	38
Ilustración 14 - Inicio PVsyst .....	45
Ilustración 15 - Configuración PVsyst.....	46
Ilustración 16 - Orientación sistema .....	46
Ilustración 17 - Datos de catálogos PVsyst.....	47
Ilustración 18 - Datos seleccionados PVsyst .....	48
Ilustración 19 - Detalle de informe PVsyst.....	49
Ilustración 20 - Resultado PVsyst.....	49
Ilustración 21 - Método salto de rana .....	50

Ilustración 22 - Recomendación para instalación cable solar .....	51
Ilustración 23 - Caída de tensión sistema solar.....	52
Ilustración 24 - Canalización de conductores. Fuente AEA 90364-7-770 .....	54
Ilustración 25 - Tendido de conductores enterrados. Fuente: AEA 90364-7-770 .....	55
Ilustración 26 - Diagrama unifilar sistema solar.....	57
Ilustración 27 - Detalle de diagrama unifilar .....	57
Ilustración 28 - Perno de puesta a tierra Tyco núm. 2058729-1 .....	58
Ilustración 29 - Estructura Estacionamiento Solar.....	62
Ilustración 30 - Tensión de Von Mises para cargas de servicio .....	64
Ilustración 31 - Desplazamientos x, y, z para cargas de servicio .....	64
Ilustración 32 – Larguero.....	66
Ilustración 33 - Columna soporte.....	67
Ilustración 34 - Triángulo soporte paneles.....	68
Ilustración 35 - Refuerzos 1 y 2.....	69
Ilustración 36 - Fuerzas actuantes de viento Sur y Oeste .....	70
Ilustración 37 - Fuerzas actuantes de viento Norte y Este .....	71
Ilustración 38 - Ejemplo de deformación y desplazamiento.....	72
Ilustración 39 - Cotas de subconjunto 1.....	73
Ilustración 40 - Cotas de subconjunto 2.....	74
Ilustración 41 - Cotas de subconjunto 3.....	75
Ilustración 42 - Cotas de subconjuntos 4 y 5 .....	76
Ilustración 43 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Sur .....	78
Ilustración 44 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Oeste .....	78

Ilustración 45 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Norte .....	79
Ilustración 46 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Este.....	79
Ilustración 47 – Esfuerzos que generan momento al vuelco de la estructura .....	80
Ilustración 48 - Dato anclaje Fischer .....	83
Ilustración 49 - Cargas de esfuerzos en anclaje .....	84
Ilustración 50 - Contacto entre placa base y columna .....	84
Ilustración 51 - Verificación de Fischer.....	85
Ilustración 52 - Cálculo de soldadura. Inventor.....	86
Ilustración 53 - Denominación de los Ambientes.....	97
Ilustración 54 - Estructura servidor Arduino .....	101
Ilustración 55 - Funcionamiento de Mosquitto.....	102
Ilustración 56 - Denominación de los Ambientes.....	115
Ilustración 57 - Emplazamiento de luminarias .....	128
Ilustración 58 - Software RELUX .....	134
Ilustración 59 - Datos de luminaria.....	135
Ilustración 60 – Curvas de distribución de la intensidad luminosa .....	135
Ilustración 61 - Diagrama de Soellner .....	137
Ilustración 62 - Descripción del espacio.....	139
Ilustración 63 - Ubicación de artefactos .....	139
Ilustración 64 - Superficie de evaluación - Datos iluminancia.....	140
Ilustración 65 - Resumen de resultados RELUX.....	141
Ilustración 66 - Tabla de iluminancia en plano útil .....	142
Ilustración 67 - Diagrama de relieve 3D.....	143

Ilustración 68 - Sección transversal y longitudinal del diagrama relieve .....	143
Ilustración 69 - Colores falsos 3D .....	144
Ilustración 70 - Representación Iluminancia 3D .....	145
Ilustración 71 - Ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	151

## Índice de tablas

Tabla 1 - Listado de tareas .....	26
Tabla 2 - Gantt .....	31
Tabla 3 - Requerimientos generales.....	31
Tabla 4 - Requerimientos específicos .....	33
Tabla 5 - Datos solares de NASA .....	39
Tabla 6 - Características de panel solar .....	41
Tabla 7 - Característica de Inversor .....	43
Tabla 8 - Sección conductores del sistema .....	52
Tabla 9 - Características del conductor CC .....	53
Tabla 10 - Características del conductor CA .....	53
Tabla 11 - Características protecciones eléctricas CC .....	56
Tabla 12 - Características de protecciones eléctricas CA.....	56
Tabla 13 - Evaluación ponderada .....	60
Tabla 14 - Matriz de decisión Estacionamiento Solar .....	60
Tabla 15 - Características del acero .....	62
Tabla 16 - Valores máximos de Von Mises y desplazamientos .....	64
Tabla 17 - Resumen de incidencia de viento Sur/Norte .....	66

Tabla 18 - Resumen de incidencia de viento Oeste/Este .....	67
Tabla 19 - Resumen de incidencia de viento Sur/Norte .....	67
Tabla 20 - Resumen de incidencia de viento Oeste/Este .....	68
Tabla 21 - Resumen de incidencia de viento Sur/Norte .....	68
Tabla 22 - Resumen de incidencia de viento O-E.....	69
Tabla 23 - Resumen de incidencia de vientos.....	69
Tabla 24 - Valores máximos de Von Mises y desplazamientos .....	70
Tabla 25 - Valores de deformación y desplazamiento. Fuente CIRSOC 301 .....	72
Tabla 26 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A .....	73
Tabla 27 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A .....	74
Tabla 28 - Resumen de incidencia de vientos en Barra B .....	74
Tabla 29 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A .....	75
Tabla 30 - Resumen de incidencia de vientos en Barra B .....	75
Tabla 31 - Resumen de incidencia de vientos en Barra C .....	76
Tabla 32 - Resumen de incidencia de vientos.....	76
Tabla 33 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A .....	77
Tabla 34 - Resumen de incidencia de vientos en Barra B .....	77
Tabla 35 - Valores de fuerzas incidentes .....	81
Tabla 36 - Evaluación ponderada .....	89
Tabla 37 - Matriz de decisión Domótica.....	90
Tabla 38 - Componentes por ambiente y tipo de plano .....	97
Tabla 39 - Tipo de croquis e Informe RELUX.....	116
Tabla 40 - Resumen de potencia de iluminación .....	117

Tabla 41 - Posible Potencia Instalada actual (parte 1).....	117
Tabla 42 - Posible Potencia Instalada actual (parte 2).....	118
Tabla 43 - Potencia Instalada con tecnología LED (parte 1).....	119
Tabla 44 - Potencia Instalada con tecnología LED (parte 2).....	120
Tabla 45 - Valores de iluminación.....	122
Tabla 46 - Índice de área.....	124
Tabla 47 - Coeficientes de reflexión.....	125
Tabla 48 - Coeficiente de corrección.....	125
Tabla 49 - Coeficiente de mantenimiento.....	126
Tabla 50 – Resumen Cálculos y Resultados Método de los Lúmenes (Parte 1).....	130
Tabla 51 – Resumen Cálculos y Resultados Método de los Lúmenes (Parte 2).....	131
Tabla 52 - Resultados y modificaciones en la iluminación de los ambientes.....	146
Tabla 53 - Ganancias por venta de generación.....	149
Tabla 54 – Flujo de fondos.....	149
Tabla 55 - TIR a 20 años.....	150
Tabla 56 - Energía generada mensual (2022).....	150
Tabla 57 - Costos de materiales eléctricos Solares.....	154
Tabla 58 - Costos de materiales estructura solar.....	155
Tabla 59 - Costos de materiales eléctricos Domótica.....	155
Tabla 60 - Costo de materiales modificación luminaria.....	156

## Capítulo I

### Misión y Motivación

Al presente proyecto final de la carrera Ingeniería Electromecánica, lo denominamos *Mejoramiento energético en UTN FrCh*. El mismo está enfocado en la generación de energía sustentable y la eficiencia energética dentro de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Chubut.

El proyecto está compuesto por:

- Generación de energía sustentable, proponemos aprovechar el espacio de estacionamiento vehicular como área para la instalación de sistemas fotovoltaicos.
- Instalación de tecnología Domótica, con el objetivo de contribuir con el ahorro energético en tiempos de alta demanda y falta de recursos naturales.

### Objetivos

- Promover y fomentar la eficiencia energética y la utilización de energías renovables.
- Mejorar el suministro de energía eléctrica de la UTN FrCh mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico en su área de estacionamiento.
- Diagnosticar las condiciones meteorológicas, energéticas y financieras mínimas necesarias para la instalación de un sistema solar fotovoltaico.
- Diseñar el sistema solar fotovoltaico de acuerdo con las especificaciones y requerimientos asegurando la calidad del suministro.
- Implementar un sistema de control con software “Open Source” para así controlar la iluminación de los 26 ambientes que componen el edificio de la universidad.



- Utilizar microcontroladores para lograr la automatización de los ambientes.
- Diseñar una regulación automática para las rejillas de los ductos de calefacción.
  
- Realizar la programación del sistema de domótica para cubrir los requerimientos.

## Propuesta – Energía Solar

La energía más abundante a la que tenemos acceso es la que proviene del Sol, menos de una hora de sol interceptada por la tierra es suficiente energía para satisfacer la demanda energética total mundial durante todo un año, es por ello que resulta indispensable aprovecharla.

La tecnología más estudiada es la de generación fotovoltaica, esta puede convertir de manera directa o indirecta, la radiación solar en electricidad mediante sistemas de celdas o paneles solares.

El mayor inconveniente que se presenta es que requerimos áreas de gran extensión o libres de obstáculos que puedan proyectar sombras sobre dichos sistemas.

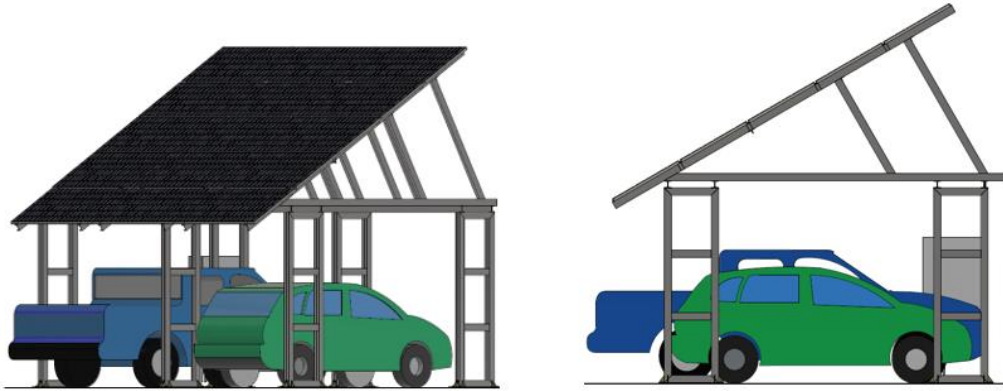
Estos espacios descritos los podemos encontrar en los estacionamientos de los establecimientos de grandes concurrencias.

De acuerdo al tamaño de los espacios destinados a estacionamientos, podemos instalar sistemas con gran capacidad de generación eléctrica, aprovechando el recurso solar incidente en los mismos; generando un doble beneficio, generar electricidad y proteger vehículos.

Determinaremos la viabilidad técnica, ambiental y financiera de la instalación de un **Estacionamiento Solar**, dimensionando un sistema solar fotovoltaico con interconexión a la red eléctrica (ON GRID), incorporando el uso de energías renovables bajo normas vigentes para su instalación.

El cálculo de generación de energía lo haremos de manera modular, es decir en partes o fracciones. Cada una de ellas dimensionada para 15 paneles fotovoltaicos, sumando una generación de 5550 [W] que a su vez contempla 2 plazas de estacionamiento de vehículos.

Ilustración 1 - Modelo generación solar



### **Propuesta – Domótica**

Para supervisar los sistemas energéticos del edificio de la Universidad, proponemos implementar un sistema de Domótica, y con ello poder acceder a datos relevantes para controlar los consumos y poder establecer un plan de eficiencia energética.

El programa del automatismo es para el sistema de control de iluminación y el sistema de calefacción, elegimos estos sistemas ya que consideramos que son los que tienen mayor consumo energético; el ingreso y visualización de estos es a través de una computadora conectada por medio de una IP y WIFI, a una plaqueta Arduino instalada en cada ambiente con sus respectivos sensores.

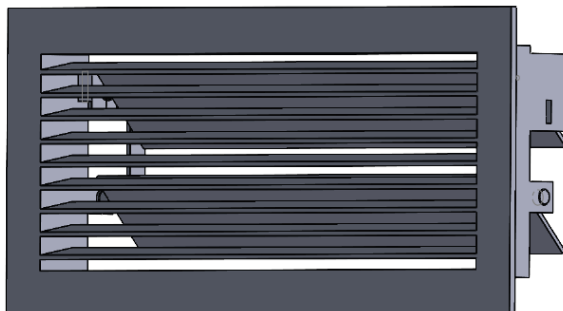
Ilustración 2 - Placa Arduino NodeMCU



El mejoramiento del sistema de iluminación consta de la actualización de las luminarias instaladas, reemplazando a tecnología LED de alta eficiencia y colocando sensores de presencia. Dado que contamos con ambientes de distintas dimensiones, en algunos es necesario instalar más de un sensor para que el sistema de control iluminación funcione correctamente.

Por otra parte, el control de la calefacción consta de la automatización de la regulación de las rejillas de los conductos de la calefacción. Esta regulación se logra mediante la instalación de un sensor de temperatura y un servomotor que recibe la orden según el ajuste programado.

Ilustración 3 - Diseño de rejilla automática



## Capítulo II

### Contexto energético actual

La energía representa un factor sustancial de gran importancia para el desarrollo social y económico de los países. Sin embargo, la fuente principal de energía proviene de combustibles fósiles, generando impactos adversos sobre el medio ambiente, ya que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que se produce por su combustión es el principal constituyente de lo que se conoce como *gases de efecto invernadero*, principales responsables del calentamiento global. Consecuencias de este efecto son, por ejemplo, el aumento de las temperaturas, las intensas lluvias, los picos de temperaturas extremos, que han venido manifestándose en los últimos años.

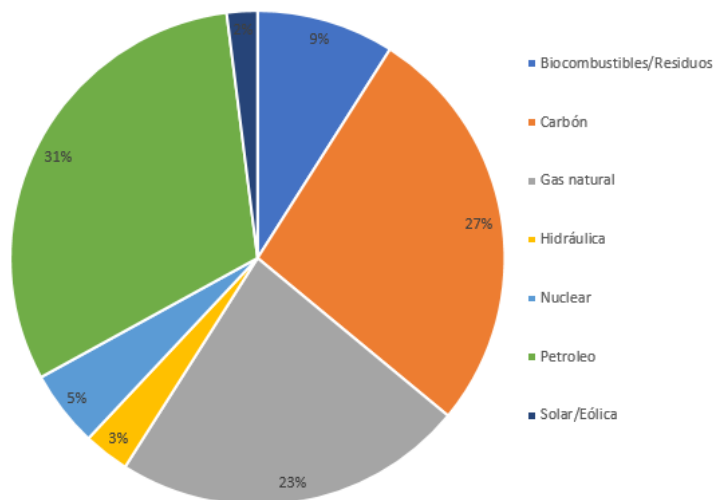
Con las energías primarias se construye la Matriz Energética de un país, estableciéndose las diferentes fuentes energéticas de las que se dispone y su incidencia relativa en el total de la oferta. Las matrices se recalculan anualmente y sirven para posibles comparaciones a lo largo de los años, como así también, con referencia a un momento determinado, con otros países de la región o a nivel mundial.

### Matriz energética mundial

Una matriz energética es una radiografía de cómo está balanceado el consumo de energía entre distintas fuentes en un periodo de tiempo.

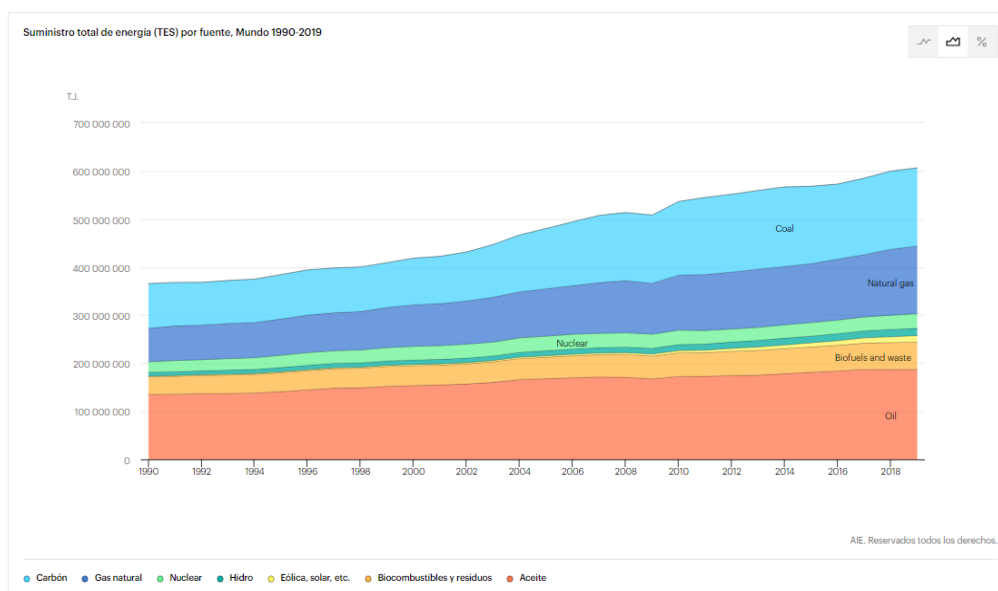
La matriz energética primaria mundial da cuenta de la vital importancia que tienen los combustibles fósiles. Más del 80% de la energía que mueve al mundo provienen de estas fuentes de energía.

Ilustración 4 - Matriz energética Mundial. Fuente: IEA



Estos datos son de gran utilidad para poder realizar un análisis de la evolución a través de los años y diferenciar los cambios en materia energética según criterios de seguridad y cuidado del medio ambiente.

Ilustración 5 - Consumo mundial por fuente de energía. Fuente: IEA

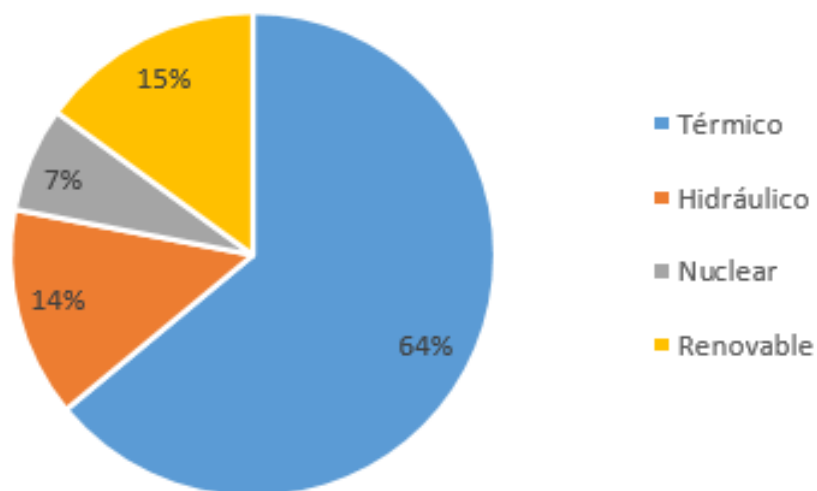


## Matriz energética Argentina

La Argentina, al igual que el resto del mundo, utiliza un alto porcentaje de combustibles fósiles.

Podemos asegurar que **la matriz energética Argentina** presenta como rasgo estructural una alta concentración en los hidrocarburos en sus fuentes de energía primaria.

Ilustración 6 - Matriz energética Argentina. Fuente Cammesa, Julio 2022



El gas natural y el petróleo constituyen los recursos energéticos de mayor participación en la matriz primaria energética nacional.

Analizar la matriz energética primaria es importante para orientar la política en términos de qué energético se quiere potenciar o reducir.

## Matriz energética primaria

Ilustración 7 - Generación por fuente de energía. Fuente: Cammesa, Julio 2022

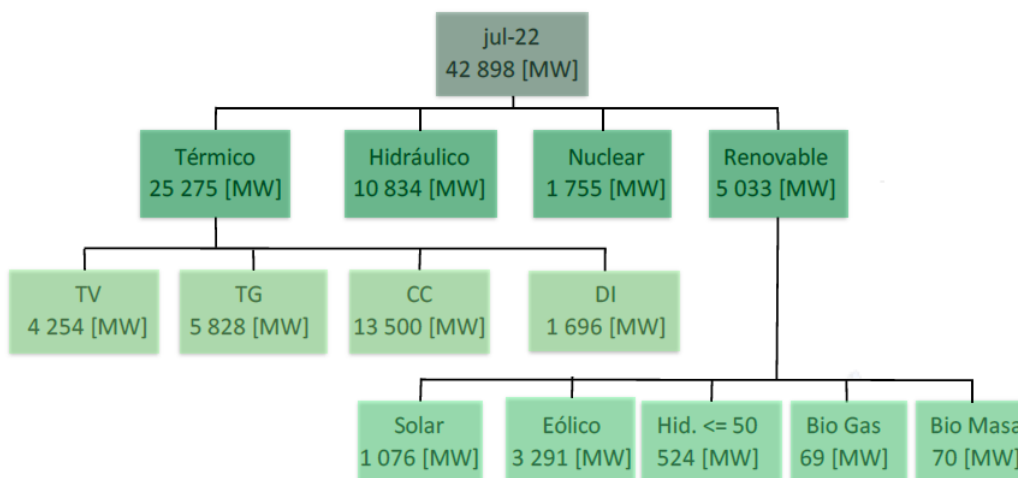
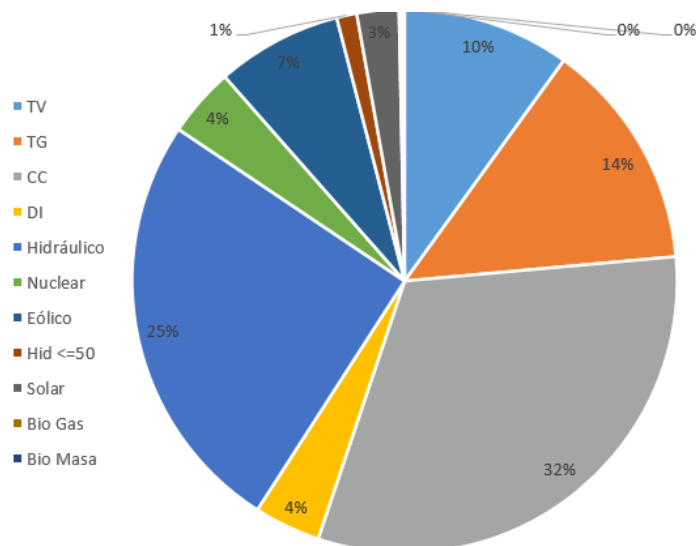


Ilustración 8 - Tipo de generación mensual. Fuente: Cammesa, Julio 2022



Desde el punto de vista de la utilización de la energía, podemos clasificar la energía en primaria y secundaria.

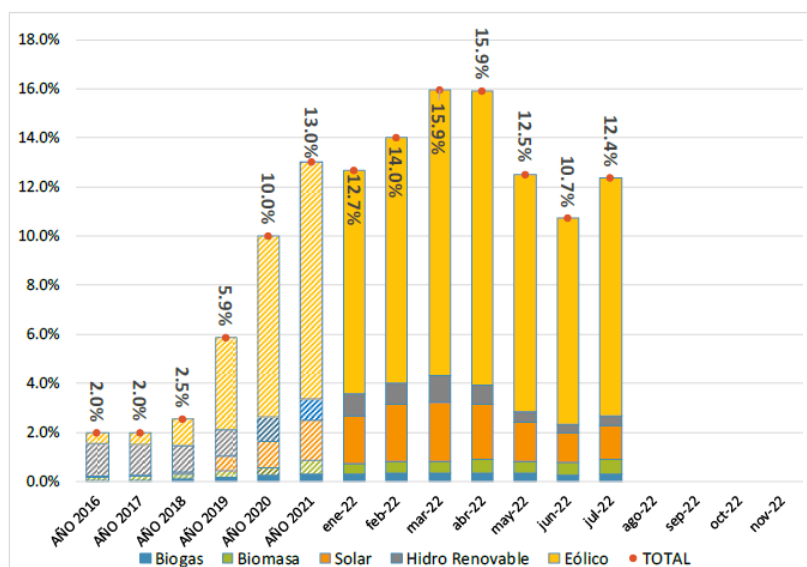
- *Energía primaria*: es la que se obtiene directamente de la naturaleza y corresponde a un tipo de energía almacenada o disponible, como por ejemplo el petróleo, el carbón, el gas natural, el uranio y las energías renovables.
- *Energía secundaria* (también conocida como energía final): se obtiene a partir de transformaciones de la energía primaria. Ejemplos de esta categoría son la electricidad o la gasolina.

Cualquier fuente de energía de origen renovable que incorporemos, además de ayudar a mantener la independencia energética, es decir no depender de la importación de combustibles que se encarecen permanentemente, tiene como consecuencia aportes positivos en la lucha contra el calentamiento global.

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades agotables en un plazo más o menos determinado.

La participación de las energías renovables en Argentina sigue en aumento. De acuerdo con información en el *Despacho de energías renovables de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA)* en mayo de 2022, se logró cubrir el 15% de la demanda nacional, aumentando un 6% respecto al año anterior.

Ilustración 9 - Participación de energías renovables. Fuente: Cammesa, Julio 2022



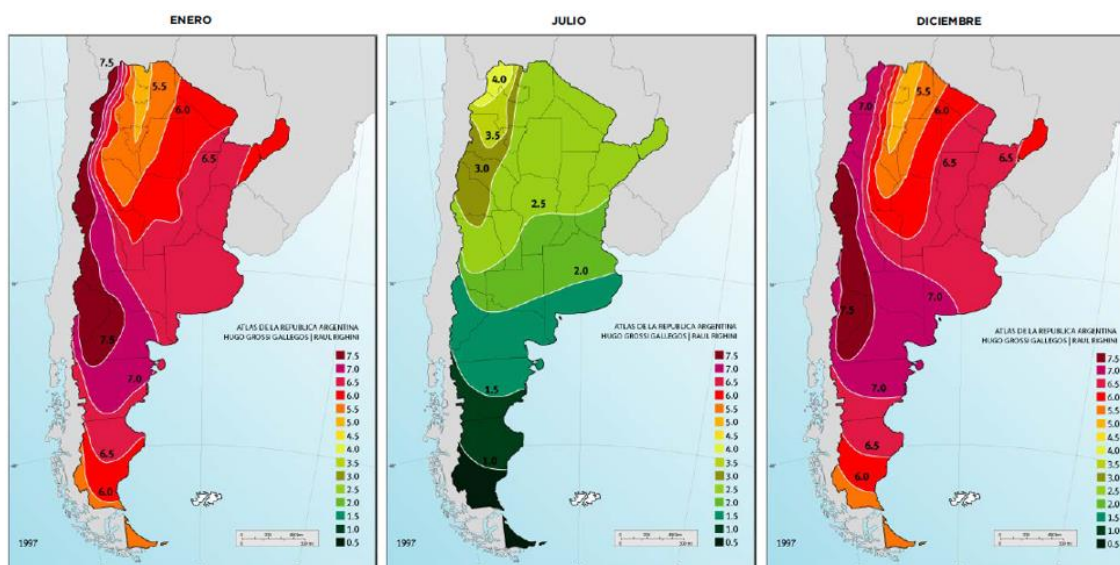
Argentina dispone de excelentes condiciones para el desarrollo de energías renovables, es posible pensar en transformar ese potencial en una realidad para los próximos años.



Como menciona la **GUÍA DEL RECURSO SOLAR** - *Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética*.

Argentina posee importantes recursos naturales para la generación de energía solar. Los valores de irradiación media mensual respaldada en extensas mediciones e investigaciones y por ello es posible utilizar estos datos para estimar los usos potenciales del aprovechamiento energético de la radiación solar.

Ilustración 10 - Irradiación solar promedio. Fuente: Atlas de la República Argentina - Grossi/Righini



El territorio nacional recibe una irradiación solar media anual superior a los **3,5 kWh/m<sup>2</sup>**, lo que lo hace técnicamente viable para su explotación.

## Capítulo III

### Herramientas utilizadas para la gestión de diseño

Para la gestión del diseño del proyecto utilizamos herramientas de control y seguimiento, las mismas ayudaron a planificar, supervisar y ejecutar el alcance del mismo.

### Plan de diseño

Tiene por objeto definir las tareas que necesitamos para alcanzar los objetivos y llevar a cabo el diseño del **Mejoramiento energético en UTN FrCh**, indica los cumplimientos necesarios para la realización y validación del proyecto.

### Listado de tareas

Antes de comenzar con el diseño del proyecto, definimos como administrar los recursos, es por ello que evaluamos y relevamos las tareas necesarias para poder llevar a cabo el desarrollo de documentos para la implementación el mismo.

Tabla 1 - Listado de tareas

Tarea código	Descripción de la tarea
001_000	Declaración de la misión.
001_010	Evaluación de las distintas opciones.
001_020	Valoración de ideas.
001_030	Especificación de Objetivos
001_040	Presentación del alcance de la propuesta
001_050	Emisión del Plan de Diseño.

001_060	Recopilación de Información de Entrada.
001_070	Elaboración de Especificación de Requerimientos objetivos.
001_080	Desarrollo de la IB.
001_090	IB del sistema eléctrico general.
001_100	IB del sistema de iluminación.
001_110	IB del sistema SFV.
001_120	IB implementación domótica.
001_130	RPD.
001_140	Especificación de requerimientos finales.
001_150	Desarrollo de cálculos eléctricos y mecánicos.
001_160	Desarrollo de la ID.
001_170	Análisis de los componentes principales.
001_180	RCD.
001_190	Elaboración de Informe Técnico de Diseño.
001_200	Consolidación Final de la ID.
001_210	Emisión de documentación correspondiente.

### **Descripción de las tareas**

- 001\_000 Declaración de la misión

Especificamos la misión del proyecto, en donde definimos la motivación del equipo y las necesidades o requerimientos que se pueden llegar a cubrir.

- 001\_010 Evaluación de las distintas opciones

Evaluamos las distintas necesidades presentes y las soluciones a aplicar con las autoridades de la catedra, elegimos las opciones más viables desde el punto de vista de la catedra y considerando las posibilidades de la universidad.

- 001\_020 Valoración de ideas

Determinamos las posibilidades de mejorar el gasto energético global del establecimiento, proponiendo mejoras y modificaciones tecnológicas en el área eléctrica y de calefacción.

- 001\_030 Especificación de Objetivos

Determinamos los objetivos de las instalaciones para mejorar el gasto energético global del establecimiento, de las mejoras y modificaciones tecnológicas en el área eléctrica y de calefacción.

- 001\_040 Presentación del alcance de la propuesta

Definimos el alcance del proyecto, orientado al ahorro energético y a la generación de energía renovable, con la intención de ser pioneros en la región en materia de generación distribuida.

- 001\_050 Emisión del Plan de Diseño

Emitir del presente documento contemplando los propósitos descritos en la Sección 1.

#### OBJETIVO.

- 001\_060 Recopilación de Información de Entrada

Identificamos y relevamos toda la información asociada necesaria para el diseño de Mejoramiento energético en UTN FrCh.

- 001\_070 Elaboración de la Especificación de Requerimientos objetivos

Elaboramos una especificación técnica definiendo los requerimientos objetivos de diseño, fabricación, montaje, operación y funcionalidad necesarios para el diseño de Mejoramiento energético en UTN FrCh.

- 001\_080 Desarrollo de la IB

En esta tarea realizamos el diseño preliminar del Mejoramiento energético en UTN FrCh etapa de IB.

- 001\_090 IB del sistema eléctrico general

En esta etapa realizamos el diseño básico del sistema eléctrico general.

- 001\_100 IB del sistema de iluminación

En esta etapa realizamos el diseño básico del sistema de iluminación.

- 001\_110 IB del sistema SFV

En esta etapa realizamos el diseño básico del sistema SFV.

- 001\_120 IB implementación domótica

En esta etapa realizamos el diseño básico del sistema de domótica.

- 001\_130 RPD

Presentamos el diseño en etapa de IB al equipo de especialistas de profesores designados de la cátedra.

- 001\_140 Especificación de requerimientos finales

Comprobamos las especificaciones de los requerimientos finales de diseño, montaje, operación y funcionalidad necesarios para comenzar con los cálculos correspondientes.

- 001\_150 Desarrollo de Cálculos Eléctricos y Mecánicos

Desarrollamos los cálculos eléctricos y mecánicos necesarios para la realización del diseño del PdT 001.

- 001\_160 Desarrollo de la ID

Con la realimentación generada en la RPD, confeccionamos la ID, la cual se presentó en el transcurso de la RCD, según los componentes necesarios.

- 001\_170 Análisis de los componentes principales

Seleccionamos los componentes que hacen a la funcionalidad del sistema en general, según cada parte de proyecto.

- 001\_180 Revisión Crítica de Diseño

Esta tarea comprende la presentación del diseño final del Mejoramiento energético en UTN FrCh a los responsables.

- 001\_190 Elaboración de Informe Técnico de Diseño

Presentaremos un Informe Técnico de Diseño que incluirá todas las etapas del diseño y la justificación a las diferentes tomas de decisiones realizadas en el mismo.

- 001\_200 Consolidación Final de la ID

Adjuntaremos toda la documentación enunciada en la Sección 8. DOCUMENTACION A EMITIR.

- 001\_210 Emisión de documentación correspondiente

Emitiremos los documentos correspondientes al proyecto: Mejoramiento energético en UTN FrCh.

### **Diagrama Gantt**

Lo utilizamos como herramienta de visualización y control de las tareas básicas, organizar y planificar tiempos. Como así también un seguimiento de lo mencionado.

Tabla 2 - Gantt

Tarea código	Descripción de la Tarea	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
001_000	Declaración de la misión.	■																
001_010	Evaluación de las distintas opciones.	■	■															
001_020	Valoración de ideas.		■	■														
001_030	Especificación de Objetivos			■	■													
001_040	Presentación del alcance de la propuesta			■	■	■												
001_050	Emisión del Plan de Diseño.					■												
001_060	Recopilación de Información de Entrada.							■										
001_070	Elaboración de Especificación de Requerimientos objetivos.							■	■									
001_080	Desarrollo de la IB.							■	■	■								
001_090	IB del sistema eléctrico general.							■	■	■								
001_100	IB del sistema de iluminación.							■	■	■								
001_110	IB del sistema SFV.							■	■	■								
001_120	IB implementación domótica.							■	■	■								
001_130	RPD.							■	■	■								
001_140	Especificación de requerimientos finales.							■	■	■								
001_150	Desarrollo de cálculos eléctricos y mecánicos.							■	■	■								
001_160	Desarrollo de la ID.							■	■	■	■							
001_170	Análisis de los componentes principales.							■	■	■	■							
001_180	RCD.							■	■	■	■							
001_190	Elaboración de Informe Técnico de Diseño.							■	■	■	■	■						
001_200	Consolidación Final de la ID.							■	■	■	■	■	■					
001_210	Emisión de documentación correspondiente.							■	■	■	■	■	■	■				

## Especificaciones de requerimientos

El propósito de esta herramienta es establecer una descripción detallada de las necesidades o requisitos que debe cumplir el proyecto.

## Requerimientos Generales

Tabla 3 - Requerimientos generales

Código	Requerimientos Funcionales Generales
RFG_000.	Los paneles fotovoltaicos deben ser monocristalinos.
RFG_010.	El sistema inversor debe ser el adecuado para soportar la potencia total generada por los paneles fotovoltaicos.
RFG_020.	Se deberá instalar protección de sobretensión.
RFG_030.	Se deberá instalar protección de sobrecorriente (Interruptor diferencial).
RFG_040.	Los efectos de Arduino de los distintos ambientes se comandarán de manera separada.

RFG_050.	Los módulos periféricos deben ser compatibles con la versión de Arduino seleccionada.
RFG_060.	Se deberá tener en cuenta la limitación al deslumbramiento: deberá satisfacer la norma IRAM-AADL J 2022-1 para luminarias semi apantalladas. Esto se deberá verificar con la información de ensayo fotométrico presentada para la lámpara respectiva.
RFG_070.	Para la instalación de nuevas luminarias se elegirá tecnología de última generación.
RFG_080.	La selección o diseño de la estructura para los paneles fotovoltaicos será según disponibilidad en mercado interno.
RFG_090.	La verificación de la estructura para los paneles fotovoltaicos será realizada por software conocido.
<b>Código</b>	<b>Requerimientos No Funcionales Generales</b>
RNFG_000.	Se utilizarán, en lo posible, componentes disponibles en el mercado local o en proveedores nacionales, siempre que la funcionalidad y los requerimientos aquí presentados lo permitan.
RNFG_010.	La conexión de los paneles fotovoltaicos será realizada según recomendaciones del fabricante
RNFG_020.	Los componentes eléctricos de la intemperie deben estar al resguardo de las inclemencias climáticas en tablero correspondiente.
RNFG_030.	El acceso para realizar el mantenimiento deber ser cómodo y visible.
RNFG_040.	Los soportes de los paneles fotovoltaicos deben llevar tratamiento antióxido.
RNFG_050.	El diseño será simple y confiable, dando prioridad a la seguridad de personas y equipos.
RNFG_060.	Se señalará el tablero eléctrico correctamente.
RNFG_070.	El diseño se realizará considerando la mitigación del impacto ambiental ya sea en sus herramientas de diseño, procedimientos de fabricación, impacto de operación sobre el medio ambiente, residuos generados durante el proceso de fabricación y operación.
RNFG_080.	Los equipos instalados deberán ser lo más livianos que el diseño, los costos y los requerimientos permitan.
RNFG_090.	Se adoptarán todos los componentes estándar disponibles y que sean comercializados por proveedores habilitados por IRAM y la legislación argentina.



## Requerimientos Específicos

Tabla 4 - Requerimientos específicos

Código	Requerimientos Funcionales Específicos
RFE_000.	La conexión de los paneles fotovoltaicos debe ser en serie.
RFE_010.	La orientación de los paneles fotovoltaicos será fija en 30 grados.
RFE_020.	La instalación de los paneles fotovoltaicos se hará modular.
RFE_030.	Las rejillas de calefacción, deben tener las medidas de exteriores de 400x150 [mm]. Adecuándose a las tuberías ya instaladas.
RFE_040.	Los tubos y lámparas a instalar deben ser de tecnología LED.
RFE_050.	El sistema de inteligencia debe ser tecnología Arduino.
RFE_060.	El servidor central Arduino debe ser apta para cableado ethernet.
Código	Requerimientos No Funcionales Específicos
RNFE_000.	La sujeción de los paneles fotovoltaicos debe soportar los vientos de la zona de hasta 60 [m/s].
RNFE_010.	La sujeción de los paneles fotovoltaicos debe soportar las ráfagas de la zona de hasta 80 [m/s].
RNFE_020.	Para adicionar tendido eléctrico interior serán utilizadas las bandejas pasacables que están instaladas.
RNFE_030.	Se deberá utilizar la instalación eléctrica presente.
RNFE_040.	Se deberá utilizar la instalación de ductos de calefacción presente.
RNFE_050.	Los termostatos y detectores del sistema Arduino deben tener método de sujeción a la pared.
RNFE_060.	Los elementos de iluminación y control deben tener la certificación por marca de conformidad nivel A, o superior.
RNFE_070.	La instalación del Sistema Fotovoltaico será compuesta por 15 paneles solares.
RNFE_080.	La potencia de los paneles fotovoltaicos debe ser de: 370 Watts de potencia cada uno.
RNFE_090.	La presión de carga mecánica posterior (viento) de los paneles deberá superar los 2000 [Pa], según la norma UL1703.

## Capítulo IV

### Energía solar

Para el diseño y cálculo solar, se utilizaremos la información soporte del ANEXO I – Energía Solar.

#### **Ventajas de la energía solar**

Al utilizar la generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, estamos ayudando a la disminución del consumo de energías convencionales, que son causantes de altos volúmenes de emisiones de **CO<sub>2</sub>** y gases de efecto invernadero.

#### Las principales ventajas de la utilización de este sistema:

- Energía limpia, inagotable, renovable y respetuosa con el medio ambiente.
- Modularidad, seguridad y flexibilidad.
- Facilidad en montaje y puesta en servicio.
- Mínimo mantenimiento.
- Alta confiabilidad. Los componentes son cada vez más avanzados y de larga duración.

Ilustración 11 - Consideraciones para el diseño



### **El sistema fotovoltaico conectado a red – ON GRID**

En aplicaciones de potencias medianas y pequeñas, la modularización de esta tecnología nos permite un costo unitario relativamente independiente del tamaño de la instalación, por lo que presenta un gran interés en lo conocemos como generación distribuida y autoconsumo energético.

Los costos de esta tecnología se han abaratado durante los últimos años, mientras que los precios de la electricidad proporcionada por las compañías de distribución eléctrica han subido de forma continua, y se espera que lo sigan haciendo en el futuro próximo.

## Eficiencia del sistema ON-GRID

Para el cálculo del sistema, tenemos que tener presente la eficiencia del mismo. El generador fotovoltaico debe producir la energía suficiente para contrarrestar las pérdidas en el sistema completo (temperatura, cableado, inversor, etc.) y así inyectar la energía necesaria.

Ilustración 12 – Eficiencia sistema ON-GRID



Eficiencia total  $\eta_{total}$ : En base a las eficiencias individuales, podemos estimar la eficiencia total del sistema  $\eta_{total}$ .

$$\eta_{total} = \eta_{temperatura} \times \eta_{suciedad} \times \eta_{tolerancia} \times \eta_{sombreado} \times \eta_{cableado} \times \eta_{inversor}$$

Un valor típico de eficiencia en sistemas conectados a red se encuentra entre **75%** y **85%**.

## **Estacionamientos solares**

Como sabemos, todo el mundo se está adecuando al aprovechamiento de las energías renovables a través de tecnologías cada vez más eficientes.

Surge nuestra idea de diseño para maximizar el espacio existente en el estacionamiento del establecimiento y transformarlo en Estacionamientos solares, estos constan de paneles solares fotovoltaicos fijados mediante estructuras de montaje elevadas para generar energía limpia.

Durante el día, los paneles solares fotovoltaicos captan la luz solar y la transforman en energía eléctrica. Mediante la utilización de un inversor, la energía generada se puede utilizar para alimentar el consumo local o inyectar el excedente en la red eléctrica de distribución. Por la noche, o en días nublados y lluviosos, la energía de la red se utiliza para compensar (total o parcialmente) la producción del sistema.

Esté mejoramiento además de producir energía y generar un lugar para proteger vehículos, tiene beneficios como la repercusión y concientización de la sociedad, confirmando el compromiso que la UTN FrCh posee con el medio ambiente.

### **Dimensionamiento modular**

Se plantea un diseño modular en el cual cada módulo se puede adicionar al anterior sin inconveniente, hasta completar el máximo permitido por espacio físico.

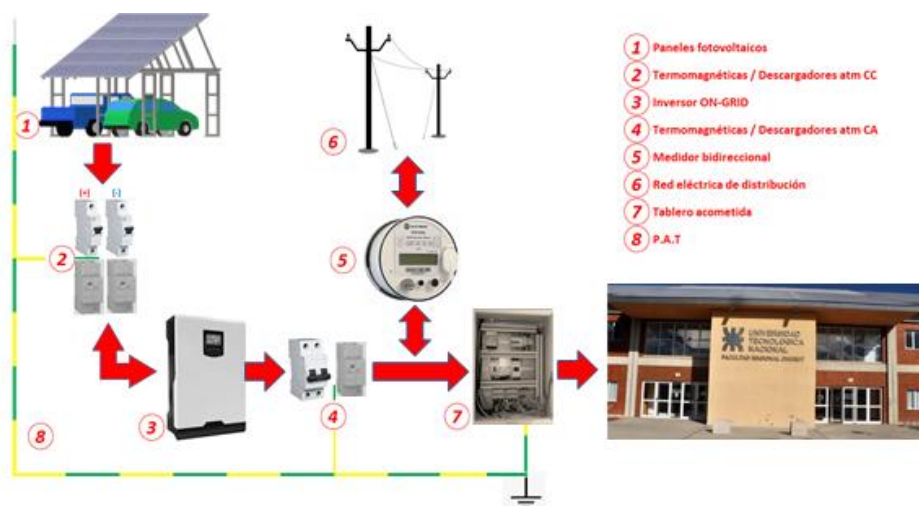
La estructura modular diseñada soporta 15 (quince) paneles fotovoltaicos, con esta cantidad y disposición se conforman 2 (dos) plazas de estacionamiento.

Debido a la zona de aplicación, para optimizar la producción de energía la estructura es de pendiente única con inclinación hacia el *Norte*.

El número y el tipo de conexión de los paneles dependen de varios factores:

- El valor promedio de insolación del lugar.
- La orientación, inclinación y sombreado
- Tipo de instalación y temperatura.
- La potencia nominal del panel fotovoltaico seleccionado.
- Las características normativas locales y económico-financieras del proyecto.

Ilustración 13 - Sistema ON-GRID



## Cálculo energía solar

Para el cálculo de generación del estacionamiento solar, utilizaremos los datos del recurso disponible en el lugar  $[-42,76970646(S); -65,05497141(W)]$ , guiándonos de los valores relevados de NASA.

### Inclinación promedio recomendada por NASA

$$\beta = 37,33 [^\circ]$$

### TABLA DE PARAMETROS SOLARES (NASA)

Tabla 5 - Datos solares de NASA

PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	7,75	6,69	5,07	3,38	2,07	1,54	1,88	2,66	4,18	5,73	7,03	7,93	4,66
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	7,58	7,07	6,01	4,54	3,12	2,47	3,02	3,67	5,16	6,24	7,02	7,57	5,29
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	6,91	6,72	6,05	4,81	3,44	2,78	3,4	3,94	5,29	6,04	6,49	6,84	5,23
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	5,96	6,06	5,75	4,8	3,57	2,93	3,58	3,99	5,13	5,55	5,7	5,86	4,91
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	3,19	3,67	4,1	3,91	3,16	2,67	3,27	3,35	3,9	3,62	3,26	3,1	3,43
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL	7,86	7,1	6,07	4,84	3,57	2,94	3,6	4	5,29	6,24	7,18	7,96	5,55
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG	10,5	22	37	50,5	59,5	63,5	63,5	53,5	42,5	26,5	14	5	37,3
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	

### Inclinación óptima para las coordenadas

Según recomendación de: *Guía del recurso Solar*

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * [-42,769] = 33,21 [^\circ]$$

Por cuestiones climáticas desfavorables en la zona de aplicación, el diseño del Estacionamiento Solar, debe tener aproximadamente 5[m] de altura; y las dimensiones mínimas para la plaza de estacionamiento son de 2,5 [m] de ancho, 4,6 [m] de largo y 2,2 [m] de alto.

Por lo tanto, luego de varias iteraciones con los valores mencionados se llegamos a la inclinación de diseño.

### **Inclinación elegida para el diseño**

$$\beta = 30 [^\circ]$$

### **Promedio de la energía disponible en las coordenadas**

$$E_r(\Delta_t) = 5,55 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{día}} \right]$$

Nuestro diseño será fijo, con orientación *NORTE*, eso quiere decir que el ángulo AZIMUTAL será de 0°.

### **Hora solar pico**

$$HSP(\Delta_t) = \frac{5,55 \text{ [kWh/m}^2\text{,día]}}{1 \text{ [kW/m}^2\text{]}}$$

$$HSP(\Delta_t) = 5,55 \text{ [h/día]}$$



### Cantidad de HSP anuales

$$HS(\text{año}) = 5,55 \text{ [h/día]} * 365 \text{ [día]}$$

$$HS(\text{año}) = 2026,2 \text{ [h]}$$

### Producción específica

$$heq(\Delta_t) = HS(\text{año}) \times \eta_{\text{suciedad}} \times \eta_{\text{pv}} \times \eta_{\text{inv}} \times \eta_{\text{célula}}$$

donde:

$\eta_{\text{suciedad}} = 0,95$

$\eta_{\text{pv}} = 0,899$

$\eta_{\text{inv}} = 0,986$

$\eta_{\text{célula}} = 0,93$

$$heq(\Delta_t) = 1586,77 \text{ [hs]}$$

### Paneles seleccionados

Tabla 6 - Características de panel solar

Fabricante: <i>Trina Solar</i>	
Modelo: <b>TSM-DEG14-II-370</b>	
Unidad Nom. Potencia:	370 [Wp]
V <sub>MPP</sub> :	34,2 [V]
I <sub>MPP</sub> :	10,82 [A]
V <sub>OC</sub> :	41,3 [V]
I <sub>SC</sub> :	11,37 [A]
Coef T° P <sub>MAX</sub> :	-0,34 [%/°C]
Coef T° V <sub>OC</sub> :	-0,25 [%/°C]
Coef T° I <sub>SC</sub> :	0,04 [%/°C]
Número de módulos Fotovoltaicos diseño:	<b>15</b> [unidades]

### Potencia a desarrollar por el conjunto FV

$$\text{Potencia MAX} = 5550 \text{ [Wp]} = 5,55 \text{ [kWp]}$$

### Producción de energía del conjunto

$$E_{MAX} = h_{eq}(\Delta_t) \times \text{Potencia}_{MAX} = 8806,60 \text{ [kWh/año]}$$

### Valores nominales del conjunto FV

$$V_{0c_{nominal}} = V_{0c} \times N_{paneles} = 619,5 \text{ [V]}$$

$$V_{MPPT_{nominal}} = V_{MPP} \times N_{paneles} = 513 \text{ [V]}$$

$$I_{SC_{nominal}} = I_{SC} \times N_{cadenas} = 11,37 \text{ [A]}$$

$$I_{MPPT_{nominal}} = I_{MPP} \times N_{cadenas} = 10,82 \text{ [A]}$$

## Inversor seleccionado

Tabla 7 - Característica de Inversor

Fabricante: <i>Growatt New Energy</i>	
Modelo: <b>MOD 10KTL3-X</b>	
Unidad Nom. Potencia:	10 [kWca]
Voltaje de funcionam:	140 - 1000 [V]
P <sub>MAX</sub> :	15 [kW]
V <sub>nominal</sub> :	580 [V]
V <sub>MAX</sub> :	1100 [V]
V <sub>MIN</sub> :	200 [V]
I <sub>MPPT</sub> :	13 [A]
I <sub>SC</sub> :	16 [A]

## Verificaciones de funcionamiento

Tensión sin carga a bajas T° (-10°C)

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

$$V_{OC_{MAX(-10^{\circ}C)Generador}} = V_{OC_{nominal}} + \beta \times (T^{\circ}_{celda} - T^{\circ}_{STC}) \times N_{paneles}$$

donde:

$$\beta = Coef T^{\circ}_{V_{oc}} \times \frac{V_{oc}}{100} : -0,103 [A/^{\circ}C]$$

$$RANGO \left\{ \begin{array}{l} T^{\circ}_{celda}: -10 [^{\circ}C] \\ T^{\circ}_{celda}: 85 [^{\circ}C] \end{array} \right.$$

$$T^{\circ}_{STC}: 25 [^{\circ}C]$$

STC: Standard test condition

$$V_{oc(-10^{\circ}C)} = 673,71 [V]$$

$$V_{oc(-10^{\circ}C)} \leq V_{MAX} \quad \text{VERIFICA}$$

Tensión de servicio  $T^\circ$  ( $-10^\circ\text{C}$  a  $85^\circ\text{C}$ )

$$V_{MPPT_{MIN}(85^\circ\text{C})\text{Generador}} \geq V_{MPPT_{MIN}\text{inversor}}$$

$$V_{MPPT_{MIN}(85^\circ\text{C})} = V_{MPPT_{nominal}} + \beta \times (T^\circ_{\text{celda}} - T^\circ_{STC}) \times N_{\text{paneles}}$$

$$V_{MPPT(85^\circ\text{C})} = 420,08 \text{ [V]}$$

$$V_{MPPT(85^\circ\text{C})} \geq V_{MPPT_{MIN}} \text{ VERIFICA}$$

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

$$V_{MPPT(-10^\circ\text{C})} = V_{MPPT_{nominal}} + \beta \times (T^\circ_{\text{celda}} - T^\circ_{STC}) \times N_{\text{paneles}}$$

$$V_{MPPT(-10^\circ\text{C})} = 567,21 \text{ [V]}$$

$$V_{MPPT(-10^\circ\text{C})} \leq V_{MPPT_{MAX}} \text{ VERIFICA}$$

Corriente de servicio

$$I_{MPPT(85^\circ\text{C})} = I_{MPPT_{nominal}} + \alpha \times (T^\circ_{\text{celda}} - T^\circ_{STC}) \times N_{\text{filas}}$$

donde:

$$\alpha = \text{Coef } T^\circ_{I_{SC}} \times \frac{I_{SC}}{100} : \quad 0,0045 \text{ [A/}^\circ\text{C]}$$

Nfilas: 1

$$I_{MPPT(85^{\circ}C)} = 11,09 \text{ [A]}$$

$$I_{MPPT(85^{\circ}C)} \leq I_{MPPTMAX} \quad \text{VERIFICA}$$

*Nfilas se considera =1 porque el inversor soporta hasta 30 paneles por rama.*

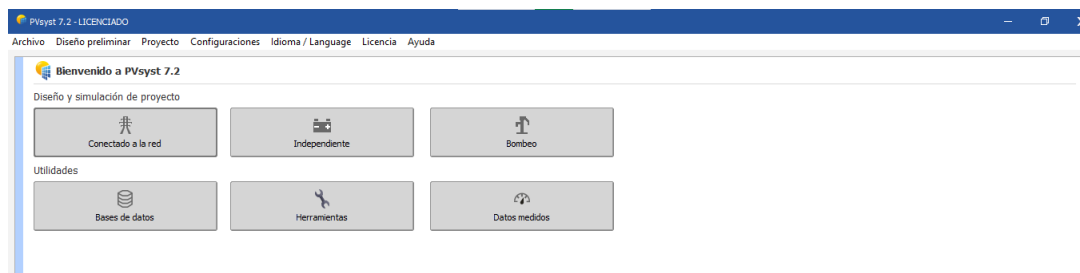
## Verificación con software PVsyst V7.2.11

Para realizar la verificación de los valores obtenidos, realizamos la carga de datos de los componentes seleccionados al software **PVsyst V7.2.11**. Este programa es el más utilizado a nivel mundial para el estudio, simulación, diseño y análisis de datos de instalaciones o sistemas fotovoltaicos, en el cual se destacan los niveles de detalle y exactitud.

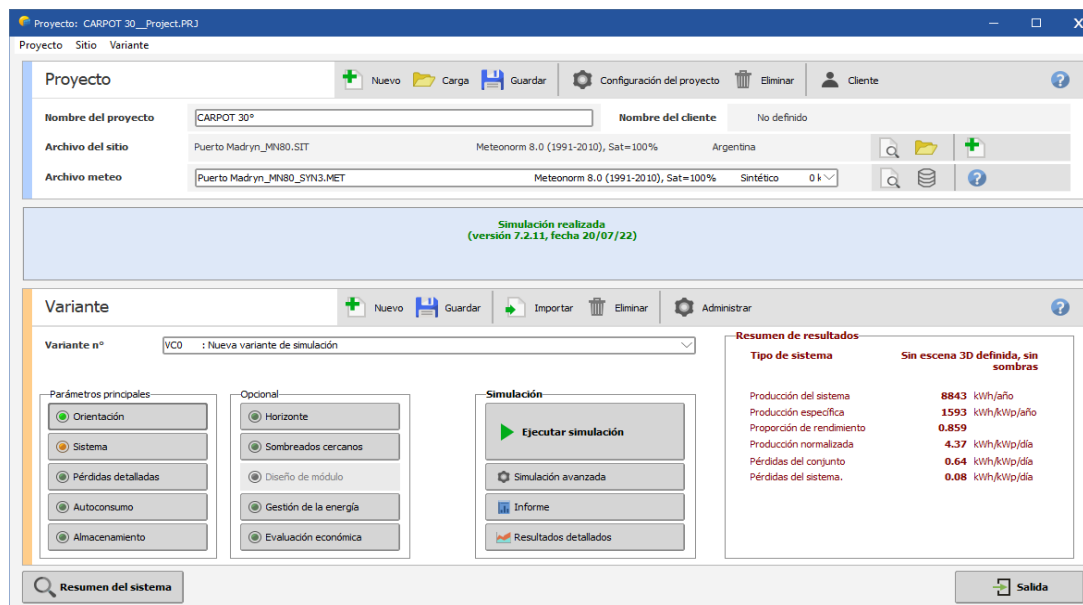
### Sistema conectado a la red

Creamos el proyecto denominado **Carpot 30°**. Seleccionamos la opción ON-GRID y completamos los datos solicitados.

### Ilustración 14 - Inicio PVsyst



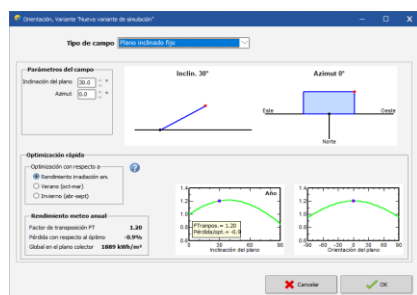
## Ilustración 15 - Configuración PVsyst



## Orientación

Uno de los parámetros más importantes son la orientación y el ángulo de inclinación elegido.

## Ilustración 16 - Orientación sistema



Inclinación:	30 [°]
Azimut:	0 [°]

## Catálogos ENERTIK con mismos valores que base de datos del Software.

Comprobamos que los datos de la base de datos del programa coincidan con las hojas de datos del fabricante elegido.

Ilustración 17 - Datos de catálogos PVsyst

Modelo	TSM-370DE08M(U)P	Modelo	GRONWATT MOD 50KTL3.3
Marca	TRINA SOLAR	<b>Especificaciones eléctricas</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>		Potencia máxima de panel	15000W
Potencia máxima	370W	Voltaje máximo	1100V
Voltaje nominal (Vmp)	34.20VCC	Voltaje de encendido	200V
Corriente (Imp)	10.82A	Voltaje nominal	500V
Tensión en circuito abierto (Voc)	41.30VCC	Rango voltaje MPPT	140 - 1000V
Corriente en cortocircuito (Isc)	11.37A	Cantidad de MPPT / conexiones pMPPT	2/1
Eficiencia (ηm)	20.20 %	Corriente máxima por MPPT	13A
Tensión máxima	1500VCC (IEC) / 1500VCC (UL)	Corriente en cortocircuito por MPPT	16A
Capacidad max. del fusible	20A	<b>Salida CA</b>	
Resistencia al viento (Pa)	2400	Potencia nominal CA	10000W
Carga de nieve (Pa)	5400	Potencia máxima CA	11000VA
		Voltaje nominal // rango	230V
		Frecuencia de red AC / rango	50Hz
		Corriente máxima	16.7A
		Factor de potencia (cosφ de fi)	0.8
		Distorsión armónica total	< 3%
		Tipo de conexión	TRIFÁSICO
		<b>Eficiencia</b>	
		Eficiencia máxima	98.6%
		Eficiencia Euro	98.1%
		Eficiencia MPPT	99.9%

## Sistema definido

Una vez que se verifican los datos, se procede a ejecutar la aplicación.

Ilustración 18 - Datos seleccionados PVsyst

The image displays three screenshots from the PVsyst software interface, illustrating the configuration of a photovoltaic system. The top screenshot shows the 'Definición del sistema de red' (Network system definition) window, where the user sets the sub-system name, orientation, and inverter parameters. The middle screenshot shows the 'Definición de un módulo PV' (PV module definition) window, detailing the module's technical specifications and manufacturer information. The bottom screenshot shows the 'Definición del inversor de red' (Grid inverter definition) window, where the user configures the inverter's operating parameters and efficiency settings.

**Definición del sistema de red (Screenshot 1):**

- Subconjunto:** Nombre: Conjunto PV, Orientación: Plano inclinado fijo, Inclinación: 30°.
- Selección del módulo PV:** Disponible ahora: Filtro, Tipo: Tinta Solar, Voltaje de dimensiónamiento:  $V_{mp}$  (60°C) 34.0 V,  $V_{oc}$  (-10°C) 52.6 V.
- Selección del inversor:** Disponible ahora: Growatt New Energy, Voltaje de salida: 400 V 50 Hz, Voltaje de funcionamiento: 140-1000 V, Potencia del inversor utilizada: 5.0 kWca.
- Resumen sistema global:**
  - Núm. de módulos: 15
  - Área del módulo: 30 m<sup>2</sup>
  - Núm. de inversores: 0.5
  - Potencia PV nominal: 5.6 kWp
  - Potencia PV máxima: 5.4 kWCC
  - Potencia de CA nominal: 5.0 kWCA
  - Proporción Prism: 1.110

**Definición de un módulo PV (Screenshot 2):**

- Modelo:** TM-CEG14-02-370
- Fabricante:** Tinta Solar
- Nombre de archivo:** Tinta\_TM\_CEG14\_02\_370\_PV01
- Potencia nom. (en STC):** 370 Wp
- Temperatura:** Símano
- Resumen del modelo:**
  - Parámetros previos: Potencia nominal: 370 W
  - Área del módulo: 30 m<sup>2</sup>
  - Núm. de células: 72 en series
  - Parámetros del módulo:  $V_{mp}$  (STC): 34.0 V,  $V_{oc}$  (STC): 52.6 V,  $I_{mp}$  (STC): 10.9 A,  $I_{sc}$  (STC): 11.8 A

**Definición del inversor de red (Screenshot 3):**

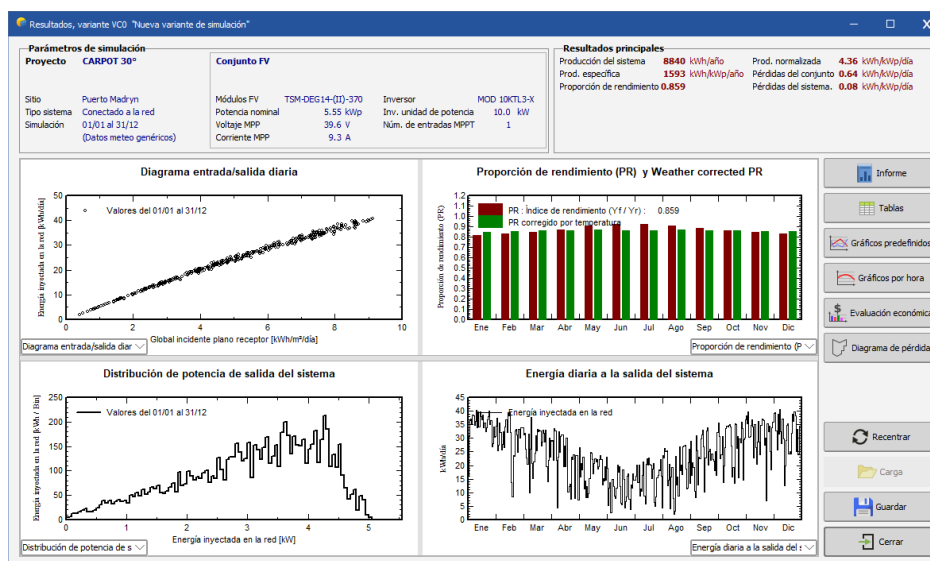
- Modelo:** MOD\_10KTL3-X
- Fabricante:** Growatt New Energy
- Nombre de archivo:** Growatt\_MOD\_10KTL3\_X\_010
- Base de datos:** Prisma original
- Lado de entrada (Campo PV CC):**
  - Voltaje PVF mínimo: 140 V
  - Voltaje mín. para Pmax: 292 V
  - Corriente máxima por MPPT: 11.0 A
  - Voltaje PVF nominal: 500 V
  - Voltaje PVF máximo: 1000 V
  - Voltaje PV mín. absoluto: 1100 V
  - Unidad de potencia: 06 W
- Lado de salida (Red CA):**
  - Frecuencia: 50 Hz
  - Voltaje de red: 400 V
  - Potencia de CA nominal: 60.0 kW
  - Potencia CA máxima: 60.0 kW
  - Corriente CA nominal: 15.0 A
  - Corriente CA máxima: 15.0 A
- Eficiencia:**
  - Eficiencia máxima: 98.00%
  - Eficiencia típica: 98.20%

## Información de la aplicación

El informe final obtenido es detallado y con gráficas indica el comportamiento del sistema, permitiendo hacer una fácil y rápida lectura.



## Ilustración 19 - Detalle de informe PVsyst



## Los valores principales

Los resultados obtenidos por la simulación, son comparados con los realizados por el método analítico tradicional y presentan similitud, las diferencias existentes son menores al 0,5% a las mismas condiciones planteadas.

## Ilustración 20 - Resultado PVsyst

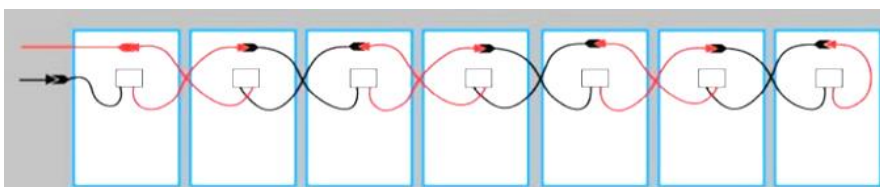
Resultados principales			
Producción del sistema	<b>8840 kWh/año</b>	Prod. normalizada	<b>4.36 kWh/kWp/día</b>
Prod. específica	<b>1593 kWh/kWp/año</b>	Pérdidas del conjunto	<b>0.64 kWh/kWp/día</b>
Proporción de rendimiento	<b>0.859</b>	Pérdidas del sistema	<b>0.08 kWh/kWp/día</b>

El informe: Proyecto CARPOT 30° se adjunta como Anexo II.

## Selección de conductores

Vamos a utilizar la conexión en serie, bajo el método *salto de rana*, aunque poco conocido y poco utilizado en instalaciones pequeñas, se está implementando ya que utiliza los propios cables de los paneles solares para recorrer la cadena de ida y vuelta, llegando a la caja de conexiones sin necesidad de prolongar ningún cable, logrando un considerable ahorro.

Ilustración 21 - Método salto de rana



Los módulos se conectan en serie para incrementar la tensión de funcionamiento; para ello, se introduce el conector positivo de un módulo en la toma hembra negativa del siguiente.

### Recomendaciones para la correcta conexión

- Todo el cableado debe realizarse a cargo de instaladores cualificados y de conformidad con los códigos y las normativas vigentes.
- Antes de conectar los módulos, asegúrese siempre de que los contactos están libres de corrosión, limpios y secos.
- Los diámetros exteriores mínimos y máximos del cable son 5 y 7 [mm].

- Para conexiones de campo, utilice cableado de cobre de al menos 4 [mm<sup>2</sup>] con aislamiento para un mínimo de 90 °C y resistencia a la luz solar con aislamiento, y diseñados como cables fotovoltaicos.
- El radio mínimo de curvatura de los cables debe ser de 43 [mm].

Ilustración 22 - Recomendación para instalación cable solar



### Pérdidas por caída de tensión (CC)

$$Sección = \frac{2 \times I_{SC} \times \rho \times l}{\Delta V}$$

### Pérdidas por caída de tensión (CA)

$$Sección = \frac{\sqrt{3} \times I_0 \times \rho \times l \times \cos \varphi}{0,01 \times 380v}$$

donde:

ISC: 11,37 [A]

$\rho$ : 0,01785 [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]

Ilustración 23 - Caída de tensión sistema solar

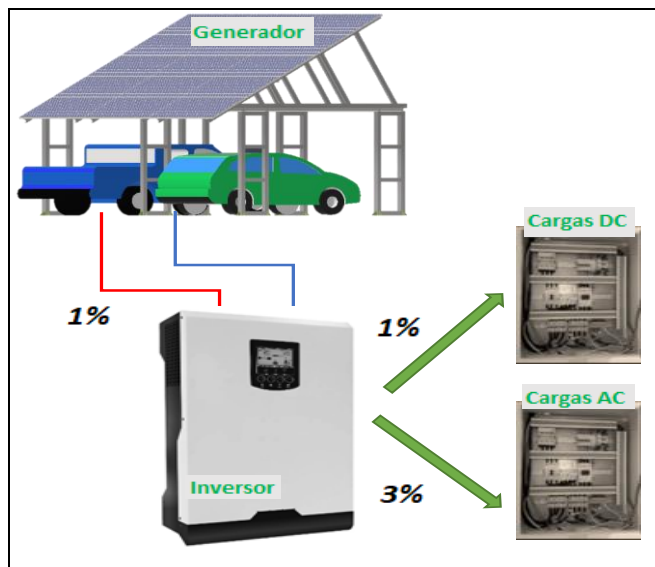


Tabla 8 - Sección conductores del sistema

Trayecto	Longitud [m]	Corriente [A]	Tensión [V]	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Sección comercial [mm <sup>2</sup> ]
Paneles a Tablero CC	5	11,37	34,2	2,030	6*
Tablero CC a Inversor	1,5			0,609	4*
Inversor a Tablero CA	2			0,812	4*
Tablero CA a Tablero Gral	15	20	380	2,075	6
Tablero Gral a Tablero consumo	20			2,766	6

\*Recomendación de fabricantes.

## Conductor solar fotovoltaico de CC

Tabla 9 - Características del conductor CC

Modelo:	C40s1556RD-M
Material:	Cobre estañado
Voltaje:	1000 [V]
Temperatura:	-40 / 90 [° C]
Recubrimiento Externo:	XLPE
Aislación Interna:	XLPE
Certificación:	TÜV EN50618

## Conductor de CA

Cables unipolares de cobre aislados en PVC. IRAM 247-3 .Marca *Cobrhil*

Tabla 10 - Características del conductor CA





Sección nominal:	6 [mm <sup>2</sup> ]
Diam. exterior aprox.:	4,95 [mm]
Espesor promedio.	0,87 [mm]
Peso total:	6,72 [kg/100m]
En cañería 3 conductores:	31 [A]
Al aire libre:	41 [A]
Caída de tensión:	6,5 [V/km]

**AEA 90364-7-770 (2017) – “Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles”.**

## Sistema de tendido

Para cables dispuestos en cañerías embutidas en mampostería, en cañerías por dentro de vacíos previstos en la mampostería, en sistemas de cablecanales embutidos en el piso, en sistemas de cablecanales a la vista sobre paredes o suspendidos del cielorraso y en cañerías a la vista sobre paredes, la siguiente Tabla 770.12.I establece la intensidad de corriente admisible en ampere [A].

Ilustración 24 - Canalización de conductores. Fuente AEA 90364-7-770

	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 <sup>2</sup> ]	2x	3x
1,0	11	10
1,5	15	14
2,5	21	18
4	28	25
6	36	32

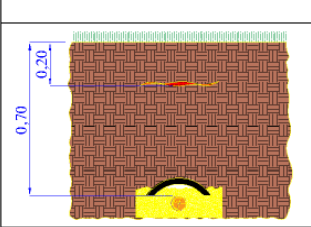

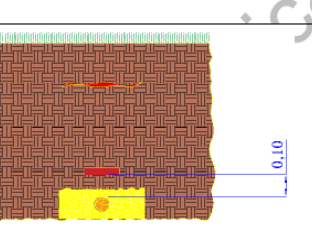
## Sistema de tendido directamente enterrados

El fondo de la zanja debe ser una superficie firme, lisa, libre de discontinuidades y sin piedras. Los cables deben disponerse, respetando los radios de curvatura mínimos correspondientes, a una profundidad mínima de 0,7 m respecto de la superficie del terreno.

Debe colocarse una cinta de advertencia (roja o roja y blanca con el texto “PELIGRO ELÉCTRICO” y el símbolo de IRAM 10005-1, correspondiente al símbolo B.3.6 de ISO 3864), a 0,2 m de la superficie y en todo el desarrollo longitudinal de la zanja.

Como protección contra el deterioro mecánico, se deben utilizar cubiertas o ladrillos dispuestos en la forma indicada en la figura siguiente:

Ilustración 25 - Tendido de conductores enterrados. Fuente: AEA 90364-7-770

Clase de recubrimiento		
		
Recubrimiento con media caña de cemento estando el espacio hueco cubierto con arena o tierra cribada (zarandeada). Cinta "Peligro Eléctrico"	Recubrimiento con loseta de cemento triangular estando el espacio hueco cubierto con arena o tierra cribada (zarandeada). Cinta "Peligro Eléctrico"	Arena o tierra cribada apisonada, (zarandeada), con recubrimiento de ladrillos enteros dispuestos en forma transversal a la traza. Medidas mínimas de los ladrillos 0,25 x 0,09 x 0,05 m. Cinta "Peligro Eléctrico"

## Protecciones eléctricas

### Protecciones eléctricas de CC ENERTIK

Tabla 11 - Características protecciones eléctricas CC

PROTECTOR DE DESCARGAS ATM:	LKTD2-PV500
PORTA FUSIBLE SOLAR gPV 1000VCC:	SPF-15
FUSIBLE 10x38mm gPV 1000VCC 15A:	SFUS-15

Para control de aisamiento de CC:

LLAVE DE CORTE 1000VCC 32A:	SISO-32
-----------------------------	---------

### Protecciones eléctricas de CA: ZOLODA

Tabla 12 - Características de protecciones eléctricas CA

INTERRUPTOR DIFERENCIAL:	Serie ZPDI - 4polos - 415v 25 A - 30mA
PROTECTOR TERMOMAGNETICO:	Serie Z200 - 4polos - 415V 25 A - 6kA
INTERRUPTOR DIFERENCIAL:	Serie zzz - 2polos - xxxv 25 A - 30mA
PROTECTOR TERMOMAGNETICO:	Serie xxx - 2polos - xxxV 25 A - 6kA

Protecciones electricas de CA: ENERTIK

PROTECTOR DE DESCARGAS ATM:	385VCA - ADM5-4P 3P+N
-----------------------------	--------------------------



## Diagrama unifilar de instalación

Ilustración 26 - Diagrama unifilar sistema solar

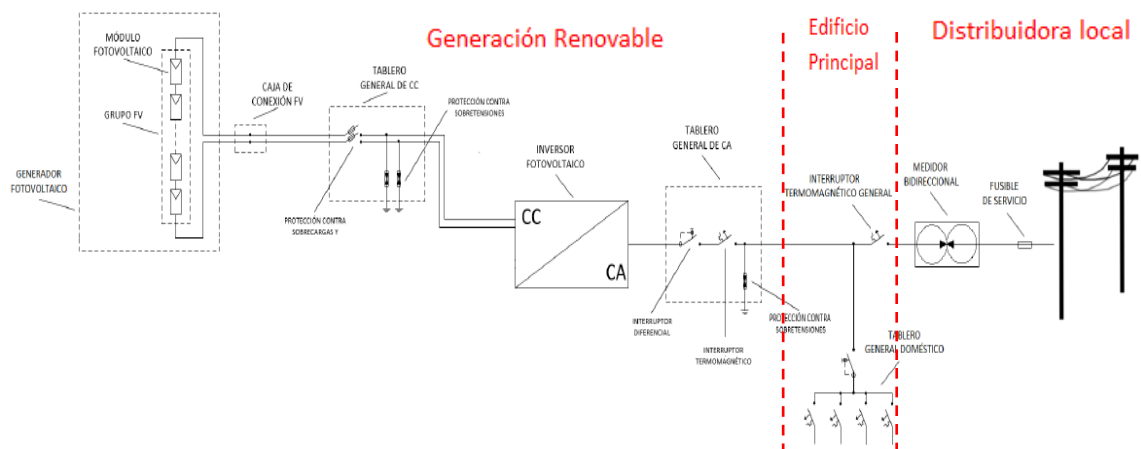


Ilustración 27 - Detalle de diagrama unifilar

Generador fotovoltaico: Compuesto por 15 módulos fotovoltaicos Trina Sola modelo TSM-DEG14-(II)-370.

Tablero general CC: Protector de descargas atmosféricas  
 Porta fusibles  
 Fusibles  
 Llave de aislamiento CC.

Inversor fotovoltaico: Growatt New Energy MOD 10KTL3-X

Tablero general CA: Protector diferencial  
 Protector térmico  
 Protector de descargas atmosféricas

Cables CC: Enertik C40s1556RD-M

Cables CA: Cobrhil IRAM 247-3

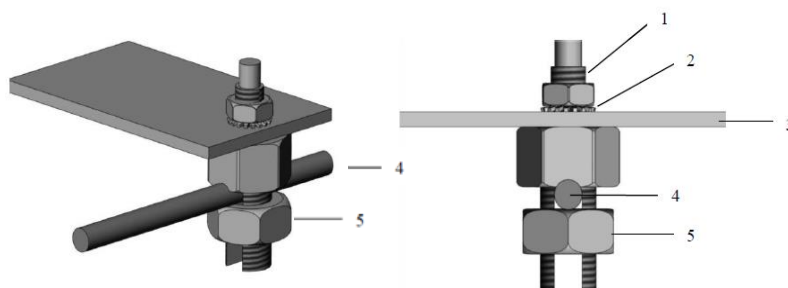
Interruptor general: Ubicado en Edificio principal.

Medidor bidireccional: Provisión Distribuidora local.

## Puesta a tierra

- Todos los marcos y bastidores de montaje de módulos se deben conectar a tierra adecuadamente y de conformidad con el Código Eléctrico Nacional pertinente.
- Una conexión a tierra correcta se consigue uniendo de forma continua el/los marco/s de los módulos y todos los elementos estructurales metálicos, mediante la utilización de un conductor de conexión a tierra adecuado. El conductor de conexión debe conectarse a tierra mediante un electrodo de conexión a tierra adecuado.
- Los dispositivos han de instalarse de conformidad con las instrucciones especificadas por el fabricante del dispositivo de conexión a tierra.
- También se recomienda utilizar el siguiente método para la instalación de tierra según fabricante.

Ilustración 28 - Perno de puesta a tierra Tyco núm. 2058729-1



- 1) Perno y ranura de hilo.
- 2) Tuerca hexagonal de arandela de montaje.
- 3) Marco de aluminio.
- 4) Cable de 0.04 a 0.16 [cm<sup>2</sup>].
- 5) Tuerca exagonal.

## **Estructura modular**

Para el montaje del sistema de generación solar calculado, investigamos en sitios competentes de fabricación y venta de estructuras para Estacionamientos Solares, nos encontramos con la dificultad de que sus estructuras no están diseñadas para la incidencia de las velocidades del viento en la zona de aplicación.

El propósito principal de estos es el de protección vehicular y no el de generación renovable.

Esto nos lleva a tener que elaborar una matriz de decisión para comparar ventajas y desventajas y así poder seleccionar la mejor opción.

## **Criterios de selección**

Como el proyecto consiste en hacer una estructura modular, se investigó la disponibilidad de diseño para las condiciones particulares de la zona de aplicación, solicitando datos técnicos y demostraciones de ensayos.

Al hacer cada módulo independiente, es posible adaptar uno a continuación de otro hasta la limitación física del terreno.

En el mercado, existen Estacionamientos Solares para áreas del centro del país, donde las condiciones climáticas no son iguales a las que predominan en la zona, por eso las empresas cotizan el servicio de desarrollo según especificaciones de zona y diseño.

Al diseñar el Estacionamiento Solar, pensamos y adoptamos los componentes disponibles del mercado nacional. Con accesibilidad inmediata.

El diseño modularizado se realiza para que lo pueda ejecutar cualquier instalador matriculado, el cual es necesario contratar.

### Método de evaluación ponderada según clasificación

Tabla 13 - Evaluación ponderada

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

### Matriz de decisión

La comparativa con los sistemas existentes la realizamos debido a que, en el futuro, las compañías podrían tener un diseño apto para la zona de aplicación.

Tabla 14 - Matriz de decisión Estacionamiento Solar

<i>Matriz de decisión - ESTRUCTURA SOLAR</i>			A Diseño Propio		B Steel Tech Group		C Tonka solar	
Nº	Criterio de Selección	Peso	Calif	Eval. Pond	Calif	Eval. Pond	Calif	Eval. Pond
1	Diponibilidad de diseño	30%	5	1,5	3	0,9	4	1,2
2	Costo del diseño	20%	4	0,8	3	0,6	3	0,6
3	Costo de desarrollo	15%	5	0,75	3	0,45	3	0,45
4	Adaptabilidad y capacidad de ampliación	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75
5	Accesibilidad de componentes	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4
6	Facilidad de Instalación	10%	2	0,2	4	0,4	4	0,4
Total		100%	4,4		3,5		3,8	
Total Ponderado			88		70		76	

Con los resultados de la matriz de decisión, concluimos que la mejor opción para realizar el proyecto del **Estacionamiento Solar**, es el diseño propio.

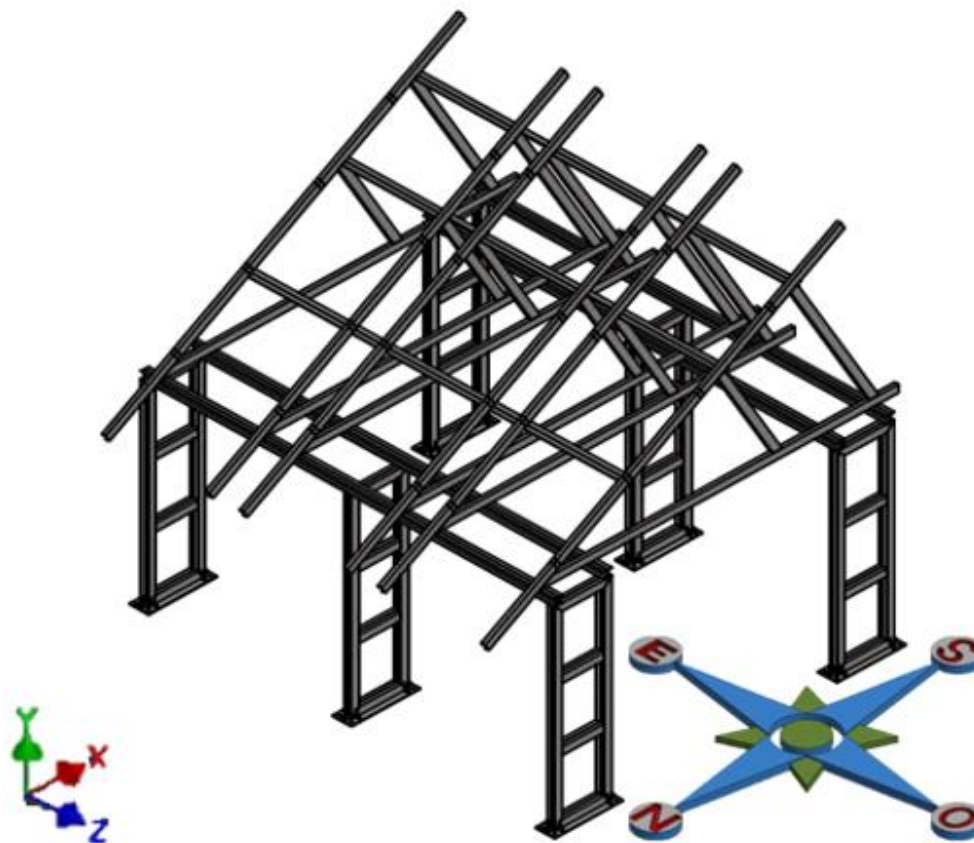
Por ello, diseñamos, dimensionamos y comprobamos la estabilidad de la estructura, mediante el software Autodesk Inventor.

### **Estructura de estacionamiento Solar**

El modelo de la estructura, se diseña y se somete al análisis por elementos finitos con el Software Autodesk Inventor Professional 2021. Este análisis nos permite obtener tensiones y deformaciones máximas para poder realizar las verificaciones de acuerdo a las normas vigentes.

La estructura, está compuesta por el ensamble de 5 subconjuntos distintos, las cuales serán sometidos a las cargas de servicio y de viento, según área que corresponda.

Ilustración 29 - Estructura Estacionamiento Solar



### Material de la estructura

Tabla 15 - Características del acero

Acero:	tipo F24
Tensión de Fluencia $\sigma_y$ :	240 [MPa]
Tensión de Rotura $\sigma_u$ :	370 [MPa]
Módulo de elasticidad Longitudinal E:	202000 [MPa]
Módulo de elasticidad transversal G:	78000 [MPa]

### **Tensión admisible**

Para la estructura del Estacionamiento Solar, se utilizamos un coeficiente de seguridad igual a 3,5 para su verificación ante las cargas generadas por la incidencia del viento.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{3,5} = \frac{370}{3,5} = 105,71 [MPa]$$

Los valores de tensiones obtenidos por debajo del valor de  $\sigma_{adm}$ , verifican.

### **Cargas de servicio**

Estas cargas de servicio son generadas por el peso propio de los materiales o elementos constitutivos y elementos soportados por la estructura, en este caso, los paneles fotovoltaicos.

### **Tabla resumen de valores obtenidos**

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión (deformación).

Al ser una medida escalar que se obtiene combinando las tensiones en el espacio (ejes x, y, z). Podemos comparar la tensión de Von Mises con la tensión máxima admisible del material, esta puede ser la correspondiente al límite elástico o tensión de fluencia, si es menor se garantiza que no se va a romper.

Tabla 16 - Valores máximos de Von Mises y desplazamientos

<i>Tensión [Mpa]</i>	<i>Desplazamiento [mm]</i>		
<i>Von Mises</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
<b>13,2</b>	<b>0,081</b>	<b>0,329</b>	<b>0,222</b>

Capturas de Autodesk Inventor:

Ilustración 30 - Tensión de Von Mises para cargas de servicio

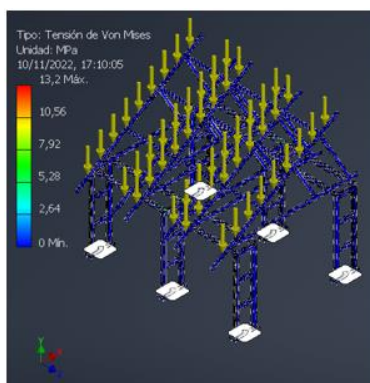
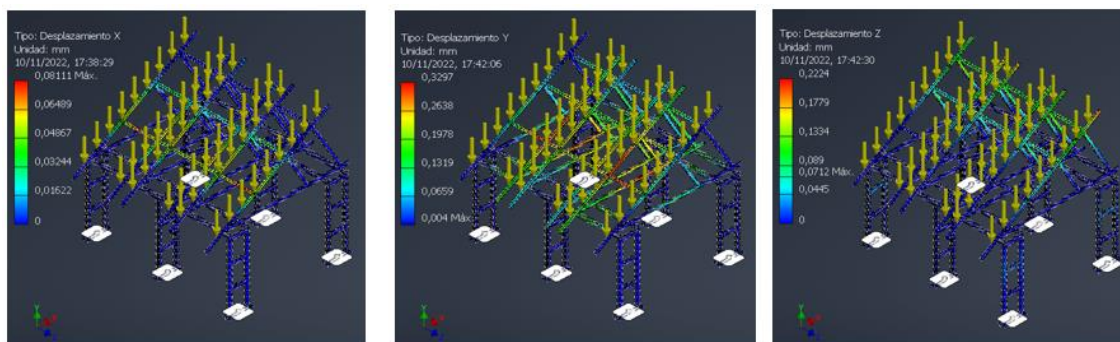


Ilustración 31 - Desplazamientos x, y, z para cargas de servicio





## Cargas de Viento

Las normas que utilizamos para comprobación de las fuerzas incidentes de los vientos sobre la estructura diseñada son:

- **CIRSOC 102:** Reglamento Argentino de acción del viento sobre las Construcciones.
- **CIRSOC 301:** Reglamento Argentino de Estructuras de acero para Edificios.

### CIRSOC 102 – Presión del viento

Utilizamos el método analítico de la norma para estructuras de forma regular. En nuestro caso, perfiles estructurales.

*CIRSOC 102 - ANEXO II - Coeficientes de Fuerza para Estructuras o Elementos Estructurales con Sección Transversal Uniforme.*

Las cargas de viento sobre estructuras o partes de estructuras con relaciones de esbeltez  $8 \leq l/b < 40$  las calcularemos utilizando las siguientes expresiones:

$$F = G \times C_{fx} \times K_e \times A_f \times q_z = [N]$$

$$F = G \times C_{fy} \times K_e \times A_f \times q_z = [N]$$

donde:

G= Factor de efecto ráfaga, se utiliza la constante 0,85.

qh= Presión dinámica evaluada a la altura z=q [N/m<sup>2</sup>].

Cfx, Cfy= Los coeficientes de fuerza en la dirección de los ejes x, y de la estructura o elemento estructural de las Tablas II.3a, II.3b y II.4.

Af= El área proyectada normal al viento = b. l

b= La dimensión transversal definida en las Tablas II.1 a II.5.

$l$ = La longitud de la estructura o elemento.  
 $K_e$ = El factor de corrección por esbeltez de la Tabla II.6.

Calculamos según Norma, utilizando los datos de las fuerzas perpendiculares de la incidencia de vientos Norte, Sur, Este y Oeste, para las 5 (cinco) figuras que componen el diseño, los cálculos y tablas correspondientes se agregan en Anexo III.

**Resumen de los cálculos**

*Fuerzas del viento según áreas de incidencia.*

Subconjunto 1:

Ilustración 32 – Larguero

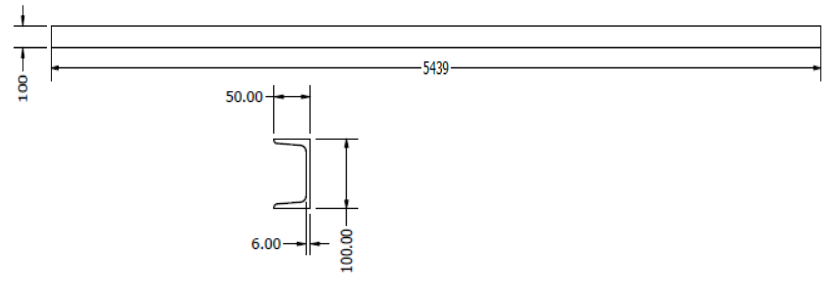


Tabla 17 - Resumen de incidencia de viento Sur/Norte

Utilizamos  $C_{fx}$

G	$C_{fy}$	$q_z$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	2,05	1727,875	100	5439	1	1637,59

Tabla 18 - Resumen de incidencia de viento Oeste/Este

Utilizamos  $C_{fy}$ 

G	$C_{fy}$	$q_z$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	0,6	1727,875	6	100	-	0,53

Subconjunto 2:

Ilustración 33 - Columna soporte

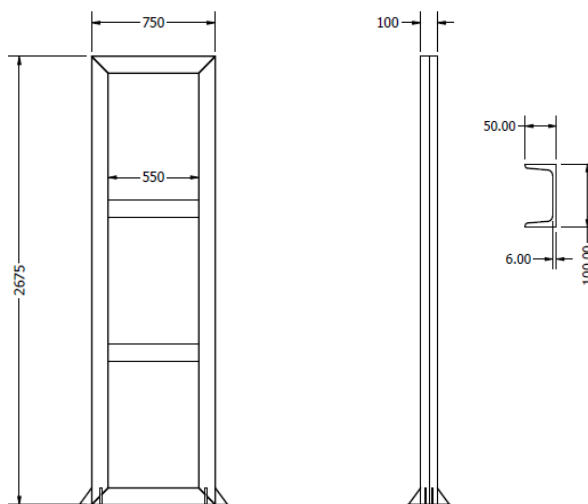


Tabla 19 - Resumen de incidencia de viento Sur/Norte

Utilizamos  $C_{fy}$ 

G	$C_{fy}$	$q_z$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	0,6	1727,875	50	2675	1	117,86
				2675	1	117,86

Tabla 20 - Resumen de incidencia de viento Oeste/Este

Utilizamos  $C_{fx}$ 

G	$C_{fy}$	$qz$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	2,05	1727,875	100	2675	0,9	724,86
				550	-	165,60

Subconjunto 3:

Ilustración 34 - Triángulo soporte paneles

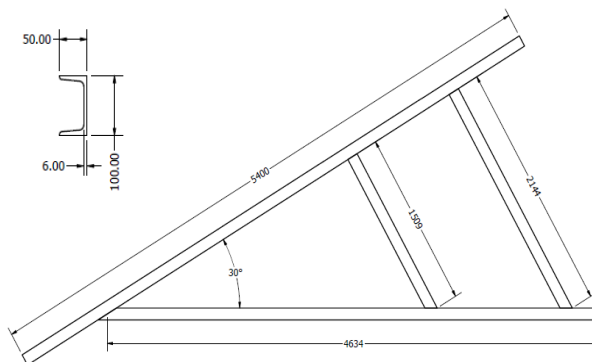


Tabla 21 - Resumen de incidencia de viento Sur/Norte

Utilizamos  $C_{fy}$ 

G	$C_{fy}$	$qz$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	0,6	1727,875	50	5400	1	237,93
				2144,4	1	94,48

Tabla 22 - Resumen de incidencia de viento O-E

Utilizamos  $C_{fx}$

G	$C_{fy}$	$q_z$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	2,05	1727,875	100	5400	1	1625,84
				2144,4	0,9	581,06
				1508,9	0,8	363,43
				4720,9	1	1421,37

Subconjuntos 4 y 5:

Ilustración 35 - Refuerzos 1 y 2

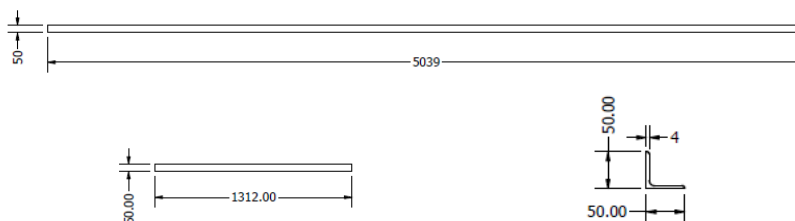


Tabla 23 - Resumen de incidencia de vientos

Utilizamos  $C_{fx}$

G	$C_{fy}$	$q_z$	$A_f$		$K_e$	$F [N]$
			b [mm]	l [mm]		
0,85	1,8	1727,875	50	5039	1	666,07

## Modelo de diseño

El modelo **II** es de aplicación final, en etapa de desarrollo fuimos dimensionando, calculando y definiendo los detalles de diseño para cumplir con los objetivos planteados y las

normas utilizadas. Es por ello que ajustamos detalles a los distintos modelos hasta obtener el que cumplía con todos los requerimientos.

### Tabla resumen de valores obtenidos

Tabla 24 - Valores máximos de Von Mises y desplazamientos

Viento	Tensión Máxima[Mpa]	Desplazamiento [mm]		
	Von Mises	x	y	z
SUR	17,19	0,459	0,28	0,258
OESTE	50,52	0,106	0,398	4,469
NORTE	17,56	0,301	0,350	0,234
ESTE	50,75	0,147	0,386	4,120

Capturas de Autodesk Inventor:

Ilustración 36 - Fuerzas actuantes de viento Sur y Oeste

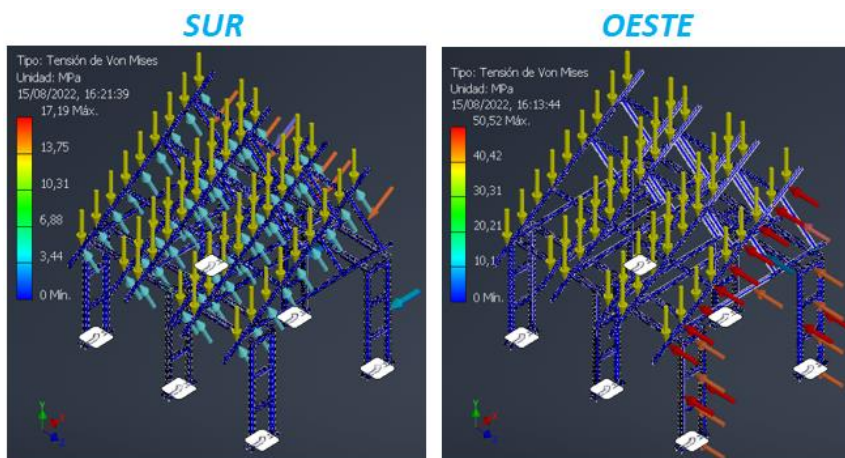
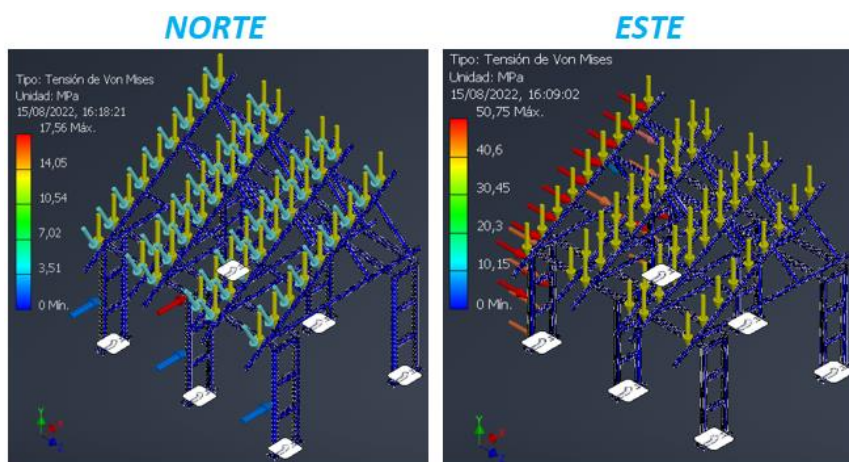


Ilustración 37 - Fuerzas actuantes de viento Norte y Este



### CIRSOC 301 -Aplicación de la norma

Teniendo en cuenta el análisis realizado anteriormente y la ubicación de la estructura, aplicamos la Norma **CIRSOC 301** para comprobar que las deformaciones y los desplazamientos producidos por el viento sean admisibles.

#### Deformaciones y Desplazamiento lateral

##### *Deformaciones*

El valor máximo para las deformaciones bajo la combinación más desfavorable de acciones de servicio debe ser menor o igual que los establecidos en la Tabla A-L.4.1. para los casos allí indicados.

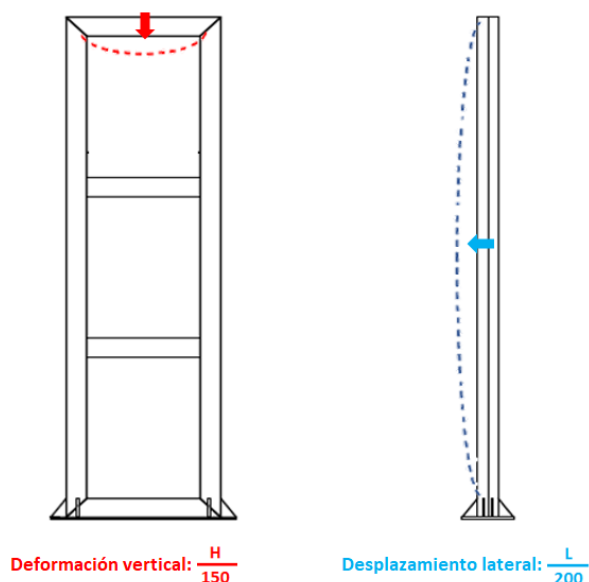
### Desplazamiento lateral

El valor máximo para los desplazamientos laterales bajo la combinación más desfavorable de acciones de servicio debe ser menor o igual que los establecidos en la Tabla A-L.4.1. para los casos allí indicados.

Tabla 25 - Valores de deformación y desplazamiento. Fuente CIRSOC 301

EDIFICIOS INDUSTRIALES			
	Elemento	Flecha total	Flecha por carga variable
Deformaciones verticales	Barras soportando cubiertas rígidas	L/200	Por 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 $\geq 200$ Kn		Rueda sin impacto L/800 (c)
	Vigas carril para grúas de capacidad $< 200$ Kn		Rueda sin impacto L/600 (c)
Desplazamiento lateral (d)	Vigas carril		Frenado transversal L/600 (c)
	Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de viento	H/150	Viento H/160
	Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de puente grúa.		Frenado puente Grúa H/400 (c)

Ilustración 38 - Ejemplo de deformación y desplazamiento





Se calcularon según Norma, las fuerzas perpendiculares de la incidencia de vientos Norte, Sur, Este y Oeste, para las 5 (cinco) figuras que componen el diseño, los cálculos y tablas correspondientes se agregan en **Anexo III**.

### Cálculo de desplazamientos según norma CIRSOC 301

#### Subconjunto 1:

Ilustración 39 - Cotas de subconjunto 1

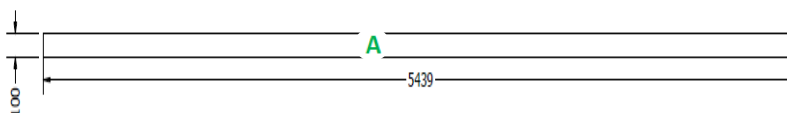


Tabla 26 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A

Viento	Eje	Barra	L/200	H/150	Desplazamiento [mm]		
			[mm]	[mm]	x	y	z
SUR	X	A	27,195	36,26	0,374	0,161	0,0067
OESTE	Z				0,039	0,223	1,566
NORTE	-X				0,207	0,205	0,0019
ESTE	-Z				0,042	0,207	1,417
<b>VERIFICA</b>							

Subconjunto 2:

Ilustración 40 - Cotas de subconjunto 2

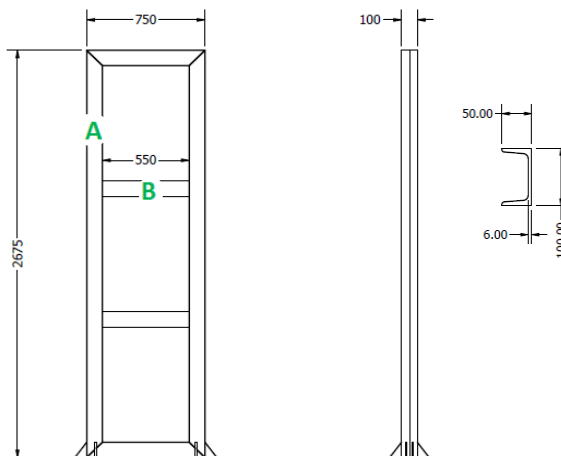


Tabla 27 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A

Viento	Eje	Barra	L/200 [mm]	H/150 [mm]	Desplazamiento [mm]		
					x	y	z
SUR	X	<b>A</b>	13,375	17,833	0,319	0,019	0,0068
OESTE	Z				0,045	0,02	1,511
NORTE	-X				0,108	0,019	0,07
ESTE	-Z				0,042	0,026	1,534
<b>VERIFICA</b>							

Tabla 28 - Resumen de incidencia de vientos en Barra B

Viento	Eje	Barra	L/200 [mm]	H/150 [mm]	Desplazamiento [mm]		
					x	y	z
SUR	X	<b>B</b>	2,75	3,6667	0,323	0,022	0,007
OESTE	Z				0,045	0,01	1,55
NORTE	-X				0,18	0,015	0,069
ESTE	-Z				0,044	0,033	1,55
<b>VERIFICA</b>							

Subconjunto 3:

Ilustración 41 - Cotas de subconjunto 3

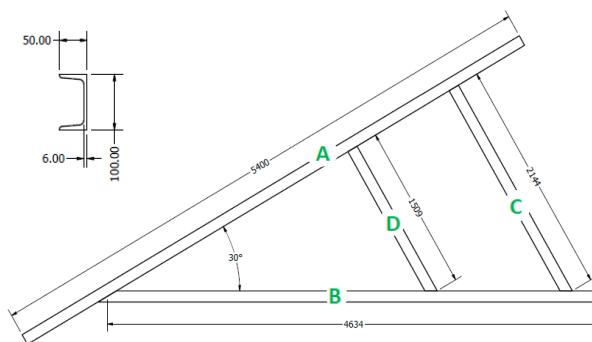


Tabla 29 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A

Viento	Eje	Barra	L/200 [mm]	H/150 [mm]	Desplazamiento [mm]		
					x	y	z
SUR	X	<b>A</b>	27	36	0,396	0,186	0,243
OESTE	Z				0,098	0,168	4,42
NORTE	-X				0,291	0,344	0,233
ESTE	-Z				0,131	0,32	4,096
<b>VERIFICA</b>							

Tabla 30 - Resumen de incidencia de vientos en Barra B

Viento	Eje	Barra	L/200 [mm]	H/150 [mm]	Desplazamiento [mm]		
					x	y	z
SUR	X	<b>B</b>	23,604	31,472	0,377	0,227	0,012
OESTE	Z				0,056	0,175	3,281
NORTE	-X				0,223	0,322	0,0148
ESTE	-Z				0,05	0,21	3,289
<b>VERIFICA</b>							

Tabla 31 - Resumen de incidencia de vientos en Barra C

Viento	Eje	Barra	L/200	H/150	Desplazamiento [mm]		
			[mm]	[mm]	x	y	z
SUR	X	<b>C</b>	10,722	14,296	0,424	0,188	0,142
OESTE	Z				0,043	0,094	3,971
NORTE	-X				0,211	0,208	0,149
ESTE	-Z				0,04	0,073	3,731
<b>VERIFICA</b>							

Tabla 32 - Resumen de incidencia de vientos

Viento	Eje	Barra	L/200	H/150	Desplazamiento [mm]		
			[mm]	[mm]	x	y	z
SUR	X	<b>D</b>	7,5443	10,059	0,387	0,215	0,074
OESTE	Z				0,06	0,145	3,507
NORTE	-X				0,256	0,293	0,116
ESTE	-Z				0,071	0,169	3,368
<b>VERIFICA</b>							

Subconjuntos 4 y 5:

Ilustración 42 - Cotas de subconjuntos 4 y 5

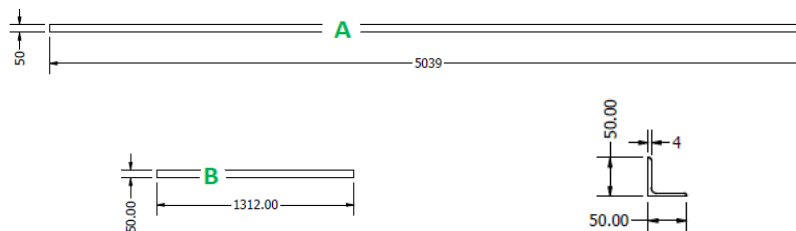


Tabla 33 - Resumen de incidencia de vientos en Barra A

Viento	Eje	Barra	L/200	H/150	Desplazamiento [mm]		
			[mm]	[mm]	x	y	z
SUR	X	<b>A</b>	25,195	33,593	0,432	0,210	0,11
OESTE	Z				0,105	0,394	3,97
NORTE	-X				0,090	0,092	0,08
ESTE	-Z				0,108	0,372	4,01
<b>VERIFICA</b>							

Tabla 34 - Resumen de incidencia de vientos en Barra B

Viento	Eje	Barra	L/200	H/150	Desplazamiento [mm]		
			[mm]	[mm]	x	y	z
SUR	X	<b>B</b>	27,195	36,26	0,431	0,209	0,106
OESTE	Z				0,079	0,175	3,58
NORTE	-X				0,087	0,089	0,081
ESTE	-Z				0,080	0,169	3,62
<b>VERIFICA</b>							

Utilizamos la función "SONDA" de inventor para obtener el resultado de las zonas más comprometidas por acción de las fuerzas del viento en cada uno de los ejes.

Capturas de Inventor:

Ilustración 43 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Sur

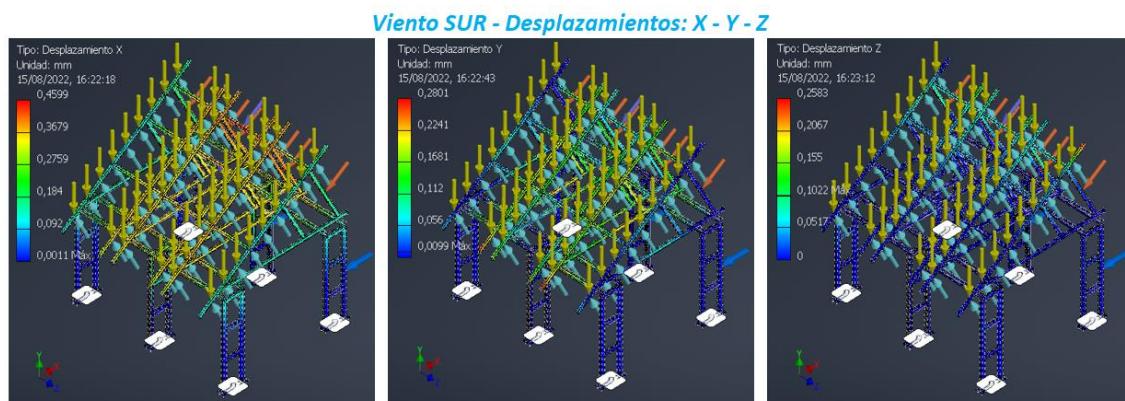


Ilustración 44 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Oeste

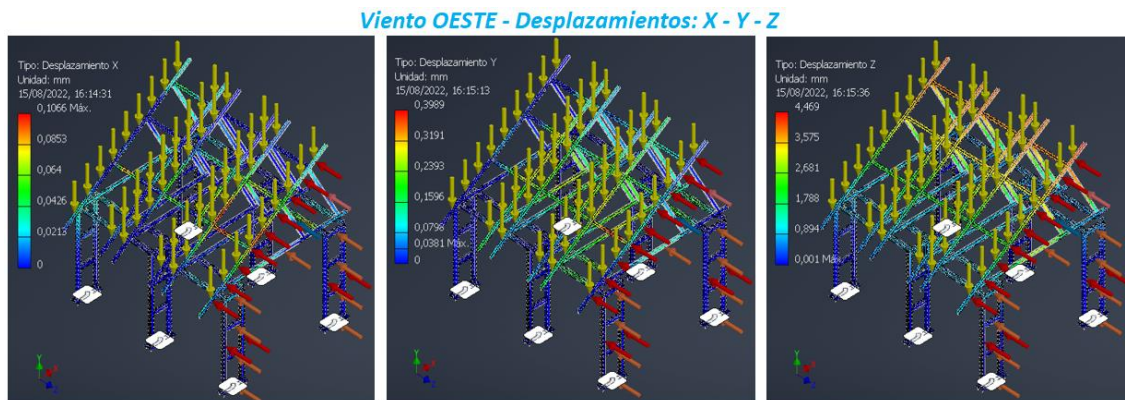
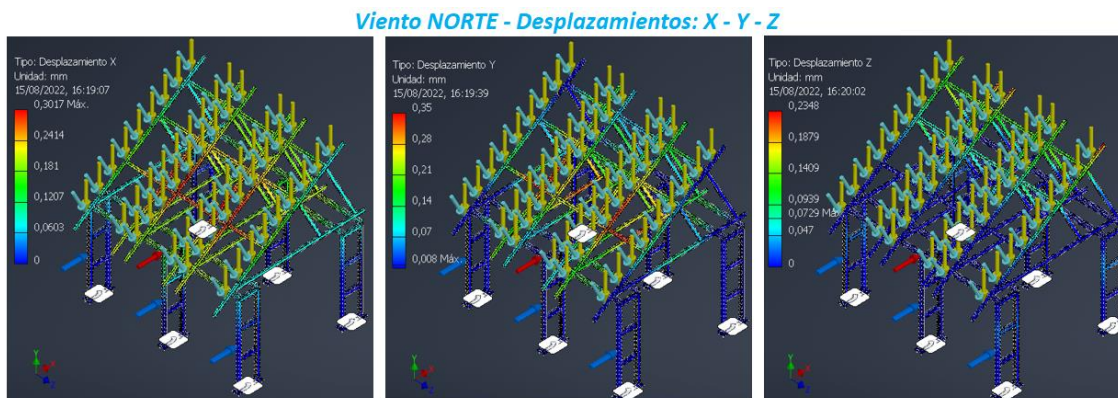
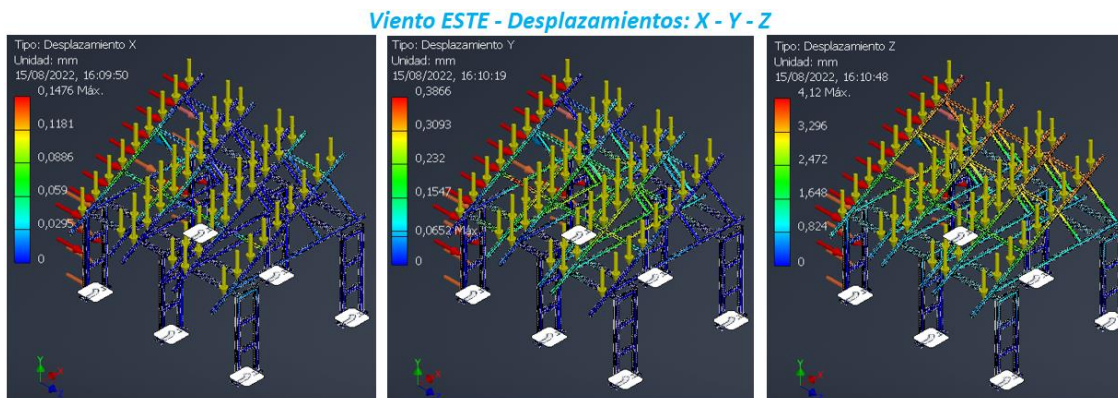


Ilustración 45 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Norte



Ilustraci3n 46 - Desplazamientos por esfuerzos de viento Este



### Fijaci3n de estructura

Para la verificaci3n de que la estructura del estacionamiento no se vuelque por efecto de las cargas generadas por el viento, se verifica el momento al vuelco.

### *Momento al vuelco*

Es la propiedad por el cual una fuerza tiende a generar la rotación de un cuerpo alrededor de un punto definido. Su magnitud es el producto de la fuerza aplicada por la distancia perpendicular al punto de acción de dicha fuerza.

Es una característica en los elementos que trabajan a esfuerzos de torsión y flexión.

En el diseño, consideramos que el caso más desfavorable es cuando la incidencia de viento Sur tiende a girar la estructura. Por lo tanto, realizamos el cálculo con las fuerzas perpendiculares actuantes en cada subconjunto del sistema tomando el punto **A** como pivót y la reacción en el punto **B**.

Ilustración 47 – Esfuerzos que generan momento al vuelco de la estructura

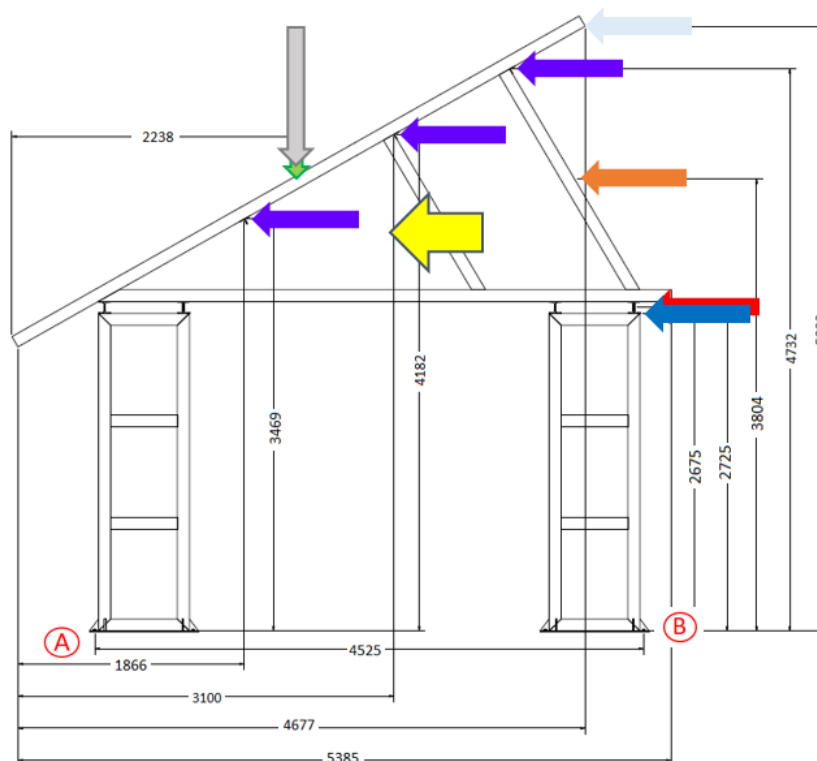




Tabla 35 - Valores de fuerzas incidentes

F	237,93 [N]	F	117,86 [N]
F	666,07 [N]	Peso Paneles	2940 [N]
F	94,48 [N]	Peso Estructura	24351,63 [N]
F	1637,59 [N]	F sobre paneles	47516,56 [N]*

\* superficie de los 15 paneles = 27,5 [m<sup>2</sup>]

$$\Sigma M = 0$$

$$\begin{aligned} \Sigma M = & [(237,93 \times 6) \times 5,092m] + [(666,07 \times 1) \times 4,732m] + [(666,07 \times 1) \times 4,182m] + \\ & [(666,07 \times 1) \times 3,469m] + [(94,48 \times 6) \times 3,804m] + [(1637,59 \times 1) \times 2,725m] + \\ & [(117,86 \times 3) \times 2,675m] - [2940 \times 2,238m] - [24351,63 \times 2,238m] - \\ & [F_{apoyoB} \times 4,525m] + [47516,56 \times 2,238m] = 0 \end{aligned}$$

$$\Sigma M = 68318,241 Nm - [F_{apoyoB} \times 4,525m] = 0$$

$$F_{apoyoB} = 15097,95 [N]$$

Este valor, refleja que la estructura volcará en caso de someterse a las fuerzas de viento calculadas.

Por lo tanto, la fijación al suelo debe efectuarse por medio de anclajes mecánicos.

### *Anclaje*

Se colocan 4 anclajes mecánicos en cada columna. La reacción calculada debido a las fuerzas incidentes del viento es:

$$F_{apoyoB} = 15097,95 [N]$$

Como el diseño consta de 3 columnas frontales de soporte:

$$F_{anclaje} = \frac{F_{apoyoB}}{3} = 5032,65 [N]$$

La fuerza de tracción es la resultante de dividir la  $F_{anclaje}$  en la cantidad de fijaciones de cada columna.

$$F_{traccion} = \frac{F_{anclaje}}{4} = 1258,16 [N]$$

#### *Fuerza de corte*

Es la sumatoria de las fuerzas incidentes paralelas al suelo, dividida por la cantidad de fijaciones de las columnas.

$$F_{corte} = \frac{\left[ (237,93 \times 6) + (666,07 \times 3) + (94,48 \times 6) + (1637,59) + (117,86 \times 3) \right] + (47516,56)}{24}$$

$$F_{corte} = 2229,18 [N]$$

## Software de diseño de anclajes FIXPERIENCE

Con los valores obtenidos, calculamos los anclajes y la placa de anclaje con la utilización del Software de FISCHER, que realiza un análisis de elementos finitos y como resultado nos brinda tensiones y deformaciones.

### Cargamos las características y esfuerzos:

- Perfil de contacto entre placa y estructura.
- Tipo de suelo del anclaje: Hormigón H30.
- Esfuerzos:

$$F_{traccion}= 1,26 \text{ [kN]}$$

$$F_{corte}= 2,23 \text{ [kN]}$$

- Temperaturas de trabajo: -10 a 40 °C

### *Sistema definido*

#### Ilustración 48 - Dato anclaje Fischer

##### **Documento guía de diseño**

##### **Anclaje**

Sistema	fischer Anclaje de inyección FIS EM plus
Resina de inyección	FIS EM Plus 390 S
Objeto a fijar	Varilla roscada FIS A M 12 x 120 8.8
Profundidad de anclaje	Acero zincado, tipo de resistencia 8.8 70 mm



Ilustración 49 - Cargas de esfuerzos en anclaje

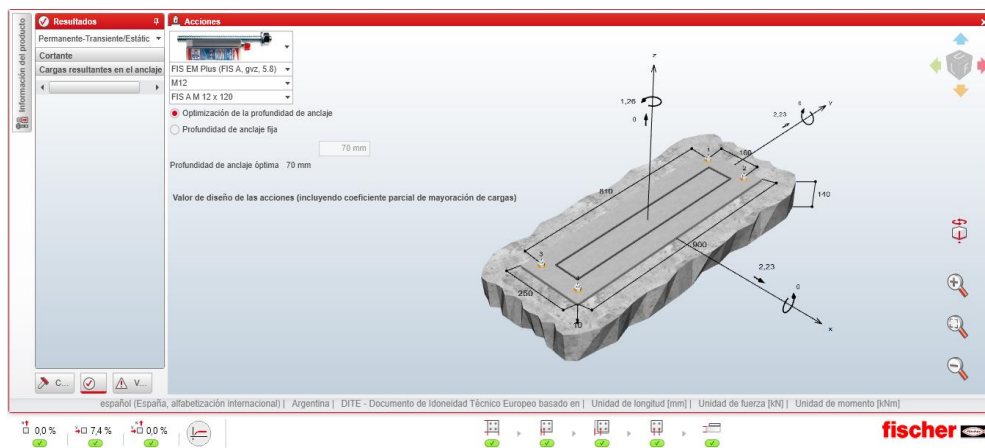
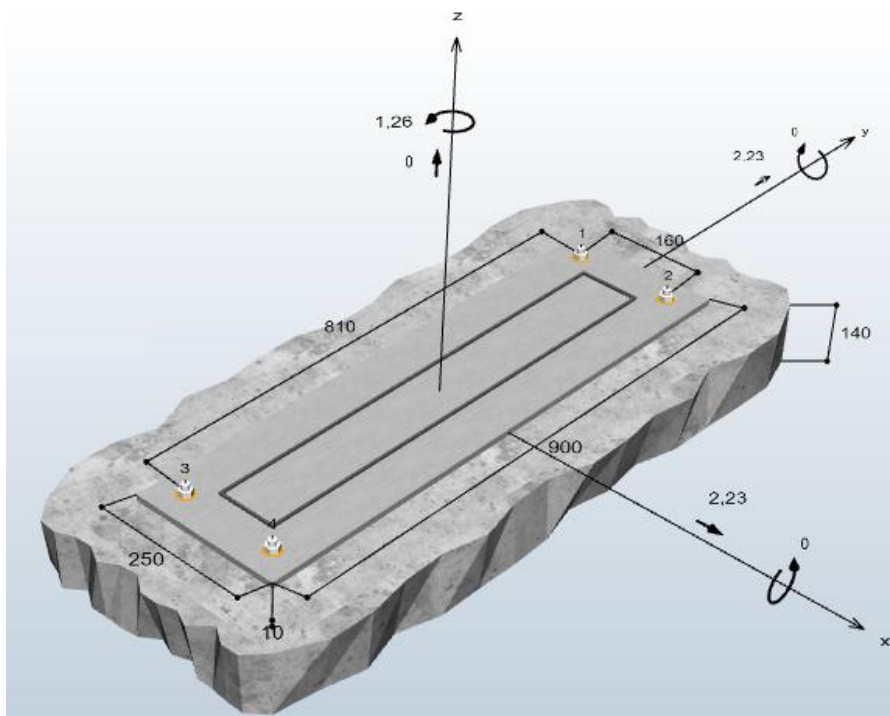

*Contacto entre placa base y columna*

Ilustración 50 - Contacto entre placa base y columna



## Ilustración 51 - Verificación de Fischer

### **Resistencia combinada a tracción y a cortante**

$\beta_V = \beta_{V;t} = 0,07 \leq 1$		Verificación satisfactoria	(5.9b)
---------------------------------------	---	----------------------------	--------

### **datos de la placa metálica**

#### **Detalles de la placa de anclaje**

Espesor de la placa especificada por el usuario sin pruebas

t = 10 mm

### *Resultados de Fixperience:*

- Placa:

Espesor: 10 [mm]

Material: S235 (F24)

- Anclaje mecánico:

Varilla roscada: M12

Material: Acero zincado

Longitud: 120 [mm]

Resistencia: 8.8

Profundidad de anclaje: 70 [mm]

- Resina de inyección al hormigón:

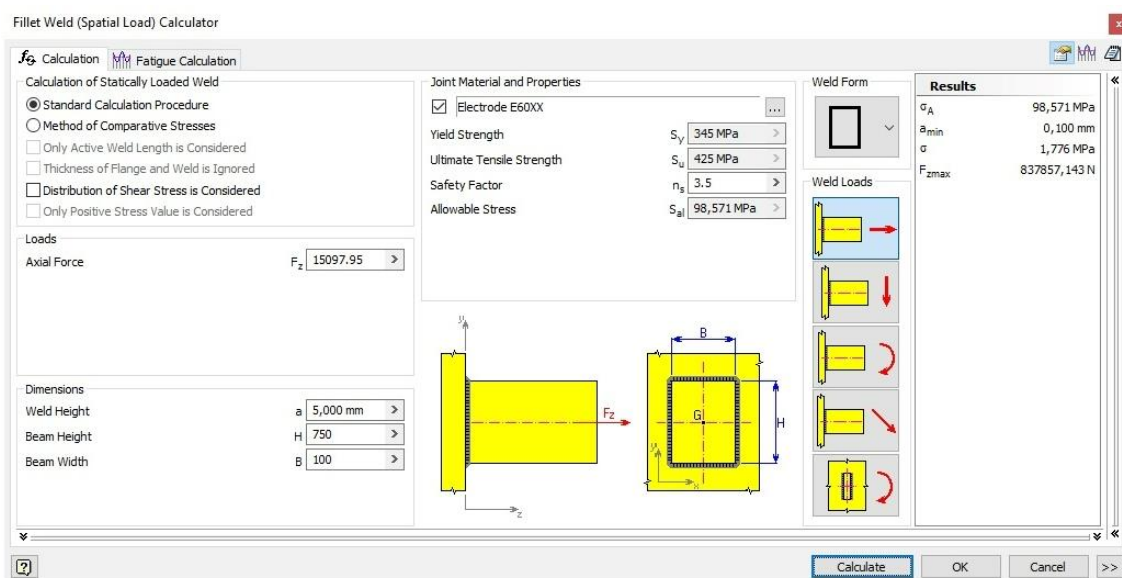
Fischer FIS EM Plus 390 S

### **Unión entre placa base y estructura**

Mediante cordón de soldadura se unen la superficie de contacto de la placa y estructura.

La misma se calcula con software Autodesk Inventor. **VERIFICA**

Ilustración 52 - Cálculo de soldadura. Inventor



## Conclusiones del diseño

Con los estudios y simulaciones realizadas, podemos afirmar que verifica el diseño de la estructura para el **Estacionamiento Solar**, cumpliendo con las condiciones contempladas en las normas vigentes de cargas y deformaciones.

Cualquier aplicación o cambio que no esté estipulado bajo las condiciones del cálculo establecidas en el presente informe, invalida la memoria de cálculo.

## Capítulo V

### Domótica

Domótica, se define como el conjunto de técnicas tecnológicas aplicadas para automatizar edificaciones de cualquier tipo como por ejemplo una vivienda, para la gestión inteligente de la energía.

La domótica se inició en la década del 70 con pruebas piloto. En los años 80 la tecnología de los dispositivos integrados de sistemas eléctricos-electrónicos permiten su expansión.

Con el desarrollo de la tecnología informática en pleno proceso, aparece el Sistema de Cableado Estructurado (**SCE**), facilitando la conexión de terminales y redes. Los edificios que incorporan esta inédita tecnología reciben el nombre de “*edificios inteligentes*”.

Con más de treinta años en el mercado, la domótica ha progresado con el desarrollo de las redes informáticas de comunicación, ya sea por sistema cableado o vía *wifi*.

Con los dispositivos de gestión domótica se facilita el ahorro energético y se aporta confort y seguridad a los edificios.

Sistemas de desarrollo 2.0 como el ZigBee permiten conformar un protocolo inalámbrico de comunicación domótica. Como requiere baja tasa de envío de datos, es en la actualidad uno de los protocolos más requeridos para los edificios inteligentes.

Otro de los dispositivos más utilizados en domótica es el Arduino que por su diversidad, bajo costo, fácil manejo e implementación genera que sea una opción muy viable para la implementación de la misma.

Este proyecto contempla modificaciones de los sistemas de iluminación y de calefacción.

La modificación de iluminación consiste en que se encienda por presencia de cualquier persona dentro del ambiente; en cuanto a la calefacción, se diseñaron rejillas motorizadas para instalar en los conductos del sistema, las cuales se regularan automáticamente, dependiendo de la temperatura captada por un sensor.

### **Criterios de selección de la tecnología Domótica a utilizar**

Para esta selección tendremos en cuenta los requerimientos de componentes del sistema, evaluando los servicios por un lado de desarrollo y configuración; y por otro la instalación del mismo.

Encontramos que algunos sistemas domóticos comerciales, requieren menor tiempo de desarrollo, ya están programados y estandarizados, pero tienen un alto costo de inversión y requieren de contratar un servicio externo de instalación y mantenimiento.

Otros sistemas domóticos son los de código abierto como por ejemplos los sistemas implementados con Arduino, los cuales son más fáciles de desarrollar, pudiendo utilizar códigos y software ya testados para el control de diferentes sistemas.

Este sistema tiene la ventaja de servir como aprendizaje, investigación y capacitación de cualquier grupo de personas, por ejemplo, los alumnos de la universidad que se decidan a instalar el sistema y llevar a cabo el proyecto. El mantenimiento, lo puede realizar cualquier instalador con un mínimo conocimiento de conceptos de electrónica y comunicación, siendo aún más ventajoso si se cuenta con la guía y ayuda de un profesor con la experiencia necesaria en el campo de la comunicación y programación.



### **Método de evaluación ponderada según clasificación**

Elaboramos una matriz de decisión para la selección de la tecnología a utilizar, contraponiendo los puntos débiles y fuertes de las distintas tecnologías a considerar, de modo de elegir la opción más conveniente.

Consideramos 4 tecnologías, las cuales se detallan en la matriz. Para calificarlos se hizo uso del método de evaluación ponderada con la siguiente calificación.

Tabla 36 - Evaluación ponderada

<i>Desempeño</i>	<i>Calificación</i>
Insuficiente	1
Regular	2
Suficiente	3
Notable	4
Sobresaliente	5

Los criterios que utilizamos para la matriz, son los que consideramos más relevantes para este tipo de sistema, el aspecto económico es de gran importancia, dado que el sistema está diseñado para ser instalado en el edificio de la FrCh.

#### Otros aspectos importantes que consideramos:

- **Accesibilidad de los componentes:** Dado la dificultad de conseguir productos electrónicos en el país, es muy importante conseguir los materiales para la instalación y posibles reparaciones.

- Adaptabilidad y capacidad de mejoramiento: Muy importante teniendo en cuenta una posible ampliación o mejoramiento del sistema a futuro a modo de aprendizaje para los alumnos de la institución.
- Tiempo de programación y desarrollo: Estos tiempos son importantes debido a que los instaladores tienen horarios reducidos para trabajar en que el edificio de la universidad.

### Matriz de decisión Domótica

Tabla 37 - Matriz de decisión Domótica

Matriz de decisión - DOMOTICA			A		B		C		D		
			Domotica Arduino		Domotica Knx		Domotica Zwave		Domotica Zigbee		
Nº	Criterio de Selección	Peso	Calif	Eval. Pond	Calif	Eval. Pond	Calif	Eval. Pond	Calif	Eval. Pond	
1	Costo del sistema	30%	5	1,5	2	0,6	1	0,3	3	0,9	
2	Tiempo de desarrollo	15%	3	0,45	4	0,6	4	0,6	4	0,6	
3	Tiempo de programación	10%	3	0,3	4	0,4	4	0,4	4	0,4	
4	Accesibilidad de componentes	10%	5	0,5	2	0,2	2	0,2	2	0,2	
5	Adaptabilidad y capacidad de mejoramiento	10%	3	0,3	4	0,4	4	0,4	4	0,4	
6	Mantenimiento de instalación	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	
7	Facilidad de Instalación	10%	3	0,3	4	0,4	4	0,4	4	0,4	
8	Optimización de tiempo de diseño en el proyecto	5%	3	0,15	3	0,15	3	0,15	3	0,15	
		Total	100%	3,8		3,05		2,75		3,35	
		Total Ponderado	76		61		55		67		

Seleccionamos la tecnología Arduino, debido a que luego de haber realizado la evaluación, obtuvo un mayor valor ponderado.

### Diseño Arduino

*Arduino* es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software de fácil manejo. Tiene la capacidad de almacenar información proveniente de distintos

dispositivos o sensores de entrada, procesarla y transformarla en acciones o actividades de salida para distintos actuadores.

El hardware se basa en una sencilla placa programable (microcontrolador) con entradas y salidas que permite crear diferentes instrucciones o funciones, según requerimientos.

Por la parte de software se ha creado un programa completo en el entorno de programación **C++**, que es el lenguaje que utiliza el IDE de Arduino. Al ejecutar el código, se interactúa con los sensores, motores, etc.

Además del desafío de compaginar software y hardware, aparece el diseño de montaje de componentes.

En el presente proyecto utilizamos la placa **ESP8266 NodeMCU V2**, que es la última versión oficial, y se regirá con las especificaciones del fabricante.

### **Control de la calefacción**

Esta parte de la domótica Arduino proponemos controlar la apertura de una barrera en las rejillas de los ductos de calefacción, la apertura o cierre de esta barrera dependerá de la medición de temperatura del ambiente y estará regulada, por la programación instalada en la placa Arduino.

El programa de sistema de control con el cual se programa la placa Arduino, define que cuando la temperatura del ambiente sea menor al rango de la temperatura deseada, la barrera en la rejilla se abrirá 90 grados. El sensor de temperatura toma datos de la temperatura del ambiente cada 60000 milisegundos y determina si la compuerta se debe mover o mantener en la posición.

El actuador que realiza el movimiento de la barrera es un pequeño servomotor acoplado a un extremo de la barrera, cuya ubicación se detalla en los planos anexos.

### **Rejilla de conducto de calefacción**

La rejilla se debe instalar en los conductos de la calefacción, el cambio en la temperatura de los ambientes se logra mediante la regulación de la cantidad de aire caliente que ingresa por los conductos de la instalación.

El material de fabricación es plástico ABS, cuyas propiedades ante las altas temperatura son excelentes, soportando temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $80^{\circ}\text{C}$  sin sufrir deformaciones o degradación.

El diseño de la rejilla es acorde al tamaño y forma de los conductos de calefacción, posee 2 placas deflectoras con la capacidad de girar 90 grados, permitiendo así fluir el aire caliente. El movimiento se produce porque las mismas están acopladas a un servomotor, cuya función es generar el movimiento gradual de las barreras en conjunto, regulando así la cantidad de aire caliente que ingresa al ambiente para elevar la temperatura. Es decir, las barreras limitan o anulan la circulación de aire caliente en la salida del conducto.

El diseño de la rejilla fue realizado en el programa SolidWorks, utilizando para su fabricación la tecnología de impresión 3D por extrusión de material plástico ABS (FDM). Dicha función nos permite conformar con fidelidad las piezas que componen la rejilla. Es importante aclarar que de esta manera también se reduce notablemente el costo de producción y se hace uso de una máquina que la Universidad cuenta a su disposición.

El diseño, dimensiones, y componentes de la rejilla se pueden apreciar en los planos ME-DA-06 y ME-DA-07.

### **Medición de temperatura del ambiente y Funcionamiento del sistema**

La medición de la temperatura del ambiente se realiza mediante sensores DHT11, cuyos datos los recibe la placa Arduino que se encuentra en el tablero principal de la instalación. Una vez posicionada la sonda e instalada la rejilla del sistema de climatización se tendrá el siguiente control en base a la temperatura detectada por el sensor DHT11:

- $T^{\circ} \text{ ambiente} > \text{consigna} + 0,5^{\circ}\text{C}$ : Compuerta cerrada completamente
- $\text{Consigna} - 0,5^{\circ}\text{C} < T^{\circ} \text{ ambiente} < \text{consigna} + 0,5^{\circ}\text{C}$ : Compuerta abierta parcialmente en función de la diferencia entre la temperatura ambiente y la de consigna, de esta forma el sistema buscará un punto de equilibrio donde la potencia térmica que aporte el caudal de aire se iguale con las pérdidas del ambiente.
- $T^{\circ} \text{ ambiente} < \text{consigna} + 0,5^{\circ}\text{C}$ : Compuerta abierta completamente

En el diseño de programación fijaremos una temperatura de consigna de  $22^{\circ}\text{C}$  (código), es decir la temperatura a la que el sistema intentará llegar en cada ambiente. A modo de ejemplo, si el sistema detecta  $19^{\circ}\text{C}$  en el ambiente, se abre completamente la compuerta y la temperatura ambiente comienza a subir, cuando se alcance los  $21,5^{\circ}\text{C}$  la compuerta comienza a cerrarse parcialmente y al llegar a los  $22^{\circ}\text{C}$ , se equilibra el sistema manteniendo la posición de las compuertas. En caso de que se abra una ventana, generando un ingreso de aire frío, haciendo

disminuir la temperatura del ambiente, el sistema vuelve a abrir completamente la compuerta hasta conseguir el equilibrio térmico ajustado.

### **Control de la iluminación**

Proponemos controlar el encendido y apagado de las luminarias de las distintas aulas, oficinas, biblioteca, laboratorio y buffet.

El control de la iluminación se hace mediante un detector infrarrojo PIR (Passive Infrared), este tiene una funcionalidad automático-manual. En automático el sistema funciona dependiendo únicamente del **PIR** y en manual el sistema solamente funciona con el interruptor instalado en cada ambiente. Cuando el sensor detecta la presencia de un cuerpo o algún pequeño movimiento, envía una señal a la placa Arduino, la misma se encarga de transformar la señal recibida en orden de salida hacia el módulo relee, quien alimenta el circuito de iluminación.

Cada ambiente tiene un número determinado de metros cuadrados, y de esto dependerá la cantidad de sensores a instalar para un correcto funcionamiento del sistema.

Cada relee soporta una intensidad de 10 [A] en su circuito de potencia, por lo cual podemos utilizar un solo relee para alimentar todas las luminarias de los ambientes, incluso en el ambiente con más luminarias, que es el aula Magna.

### **Funcionamiento de la secuencia del PIR**

Cuando el sensor PIR detecta presencia, este dispara por medio de la entrada digital de la placa NodeMCU una interrupción del sistema. En dicha interrupción se lee el estado del relé, se

detiene la rutina del código sin importar donde esté. Lee e imprime el movimiento detectado. Si el relé está apagado, el control en modo automático, lo enciende. Por último, se graba el tiempo en que se efectuó la interrupción para comparar posteriormente con el próximo disparo.

Con ese valor, se puede definir, si el sistema se encuentra en modo automático o no, y si el tiempo que pasó desde la última actuación es mayor a 120.000 milisegundos. En caso de que el relé esté encendido, se apagará. Es decir, el PIR debe actuar en intervalos de 2 minutos, cuando no detecte movimientos se apagará.

### **Diagramas de conexión de componentes**

Los diagramas de conexión de los componentes de los distintos circuitos de las instalaciones domóticas están en los planos ME-DA-08 al ME-DA-12 que forman parte del presente informe. Como información adicional, en los anexos se encuentran datos de los distintos componentes de los circuitos, como por ejemplo los datos de los bornes de cada sensor y actuador.

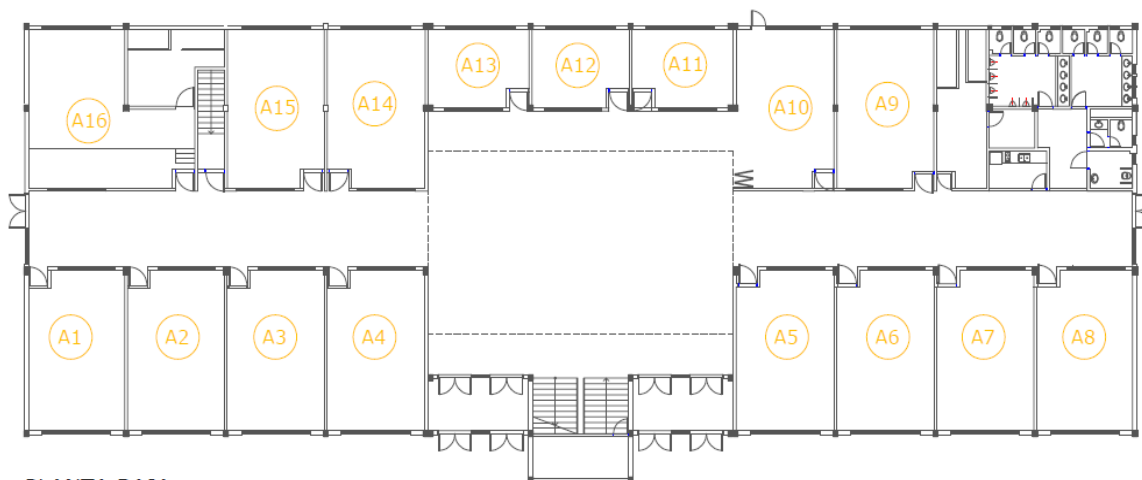
Como información necesaria para la comprensión se presentan el croquis y la tabla siguiente.

- El croquis de la vista en planta del edificio de la universidad tiene la numeración asignada a cada ambiente.
- En la tabla 38, se volcaron datos y características de los ambientes relacionados a la actualización de luminarias y a la modificación domótica.
- ✓ Numeración y ubicación de los ambientes en vista planta del edificio central de la universidad

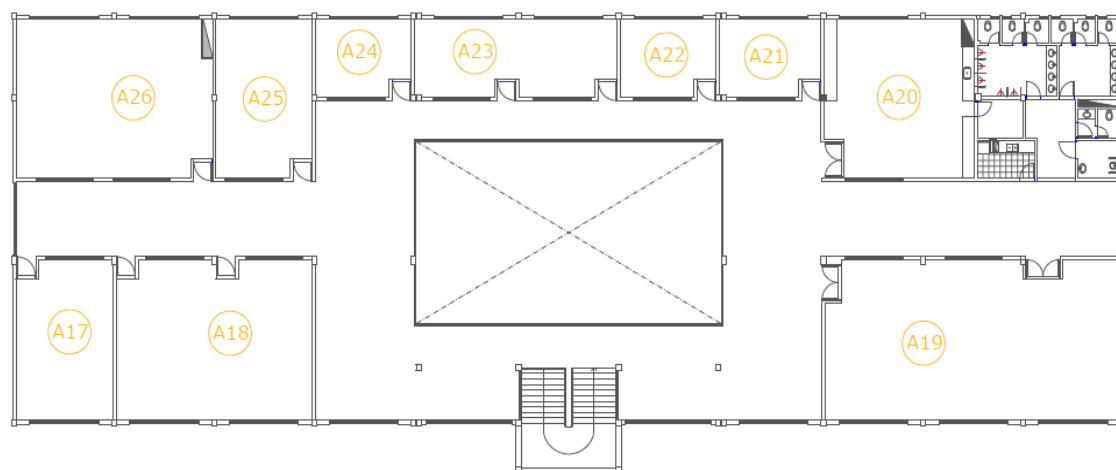
- ✓ Se detalla el número asignado a cada ambiente donde se aplicará en simultaneo los trabajos relacionados a las luminarias y la aplicación de domótica.
- ✓ Las dimensiones, la cantidad de sensores aplicados a la domótica en cada ambiente (resaltando aquellos sensores de las cuales se instalaron más de 1 unidad).
- ✓ También se muestran la denominación que se le ha asignado para su representación en los planos de conexión de los circuitos y para los croquis de ubicación de los sensores que se utilizaran en las instalaciones de domótica.
- ✓ Se le ha asignado una letra a cada tipo de ambiente dependiendo de cuantos sensores se instalarán. Esto es coincidente para los tipos de ambientes con las mismas dimensiones y uso.



Ilustración 53 - Denominación de los Ambientes



PLANTA BAJA



PLANTA PRIMER PISO

Tabla 38 - Componentes por ambiente y tipo de plano

Planta	Ambiente N°	Tipo	Placa ESP8266 NodeMCU V2	Servomotor SG90 180°	Sensor temperatura y humedad DHT11	Modulo relee 5V	Sensor de movimiento PIR	Cantidad de rejillas Impresas 3D	Dimensiones de rejillas [cm]	Tipo Plano domotico	Tipo Croquis Ubicación sensores
1	1 al 9, 14 y 15	Aula	1	1	1	1	2	1	40x15	B	A
	10	Buffet	1	2	1	1	2	2	40x15	C	A
	11 al 13	Oficina	1	1	1	1	1	1	40x15	A	C
	16	Biblioteca	1	2	1	1	2	2	40x15	C	G
2	17 y 25	Aula	1	1	1	1	2	1	40x15	B	A
	18 y 26	Aula Grande	1	2	2	1	2	2	40x15	D	B
	19	Aula Magna	1	3	2	1	3	3	40x15	E	E
	20	Laboratorio	1	2	2	1	2	2	40x15	D	F
	21, 22 y 24	Oficina	1	1	1	1	1	1	40x15	A	C
	23	Oficina Grande	1	2	2	1	2	2	40x15	D	D

### *Ubicación de sensores*

Existen diferentes tipos de distribuciones de los sensores en los ambientes, esta ubicación se muestra en forma de croquis en los planos anexos que van del ME-DA-13 al ME-DA-19.

Las ubicaciones son a modo de referencia, dado que de esta manera cumplen con la distancia de detección de los sensores PIR, que como máximo no debe superar los 7 metros.

De cualquier manera, se puede utilizar otra disposición de los sensores mientras se cumplan las indicaciones de los fabricantes en cuanto a rangos de detección y condiciones de instalación. Esto es así dado que en cada ambiente las instalaciones y espacio (mobiliario, cartelería, etc.) disponible puede llegar a variar, no permitiendo estandarizar la ubicación de los sensores.

### *Conductores para conexión*

Los cables a utilizar para conectar los distintos componentes son del tipo par trenzado sin blindaje (UTP), un tipo de cable de cobre. Por su propia naturaleza, el diseño de par trenzado ayuda a minimizar la interferencia electrónica. El UTP proporciona una transmisión de señal balanceada, haciendo innecesario un escudo físico.

## **Servidor web Arduino**

Como diseño del proyecto consideramos necesario controlar una serie de circuitos y componentes de forma automática a través de una interface, para esto que analizamos distintas opciones, de tecnología bluetooth y de tecnología WIFI.

En primer lugar, analizamos la alternativa de utilizar módulos *bluetooth*, pero nos encontramos que la interface está comprobada mediante pruebas de módulos y de APP (web) y que no logra estabilidad debido a la naturaleza de las estructuras de las edificaciones como puede ser madera, ladrillos y concreto, lo cual provoca una distorsión de la señal.

Por otro lado, el alcance de transmisión de datos es limitado, aproximadamente unos 10 [m] dependiendo del fabricante.

Llegamos a la conclusión de descartar el *bluetooth*, paso siguiente, pensamos en usar una tarjeta electrónica (shield) Ethernet para trabajar solo como red local por *WIFI*, el limitante principal es que solo podría interactuar hasta donde llegase la señal del router.

Luego de las simulaciones realizadas, decidimos implementar un servidor web para que sea posible trabajar tanto en ethernet como con y sin *WIFI*.

### *Funcionamiento del Servidor*

Para realizar la comunicación entre los sistemas de los distintos ambientes con la placa del servidor central, vamos a utilizar el protocolo MQTT.

Para hablar del protocolo MQTT, lo principal a saber es que este protocolo permite que las máquinas “hablen” entre sí, es decir, de máquina a máquina o M2M (del inglés Machine To Machine).

Podemos decir que en un extremo tenemos un usuario final, en este caso, un dispositivo capaz de capturar a través de sensores información de temperatura, presión, humedad, niveles, etc. Toda esta información es enviada por intermedio de redes de datos inalámbricas hasta el servidor.

El MQTT es un protocolo que permite publicación y suscripción de mensajes, comunicación bidireccional y acuses de recibo de dichos mensajes.

### *Estructura del servidor*

El servidor es el que contiene la instalación del sistema operativo Linux SO que será el que ejecutará la herramienta que maneja los paquetes de datos (**NPM**) y un intermediario de mensajes como el *broker Mosquitto*.

- **NPM (Node Package Manager):** Es el administrador de paquetes predeterminado para el tiempo de ejecución de JavaScript Node.js.

Consiste de dos partes principales: Una herramienta CLI (interfaz de línea de comandos) para la publicación y descarga de paquetes, y un repositorio en línea que alberga paquetes de JavaScript.

- **Broker Mosquitto:** Un broker es el servidor que distribuye la información a los clientes interesados conectados al servidor, sabiendo que un cliente es cualquier dispositivo que se conecta al broker para enviar o recibir información. Mosquitto es justamente un broker de código abierto

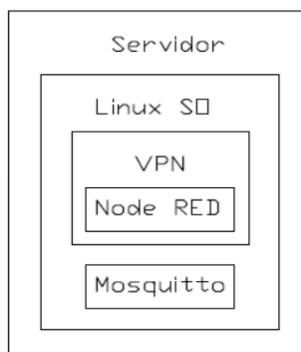
En la línea el NPM se ubica el **Node Red**, programa que sirve para visualizar los datos del sistema domótica, como así también permite realizar los ajustes correspondientes.

**Node Red** es una herramienta creada por el grupo de Servicios de Tecnologías Emergentes de IBM. **Node Red** es una herramienta que sirve para comunicar hardware y servicios de una forma muy rápida y sencilla.

Simplifica enormemente la tarea de programar del lado del servidor gracias a la *programación visual*. Esto nos permite, por ejemplo, hacer un proyecto complejo como enviar una notificación push a un teléfono.

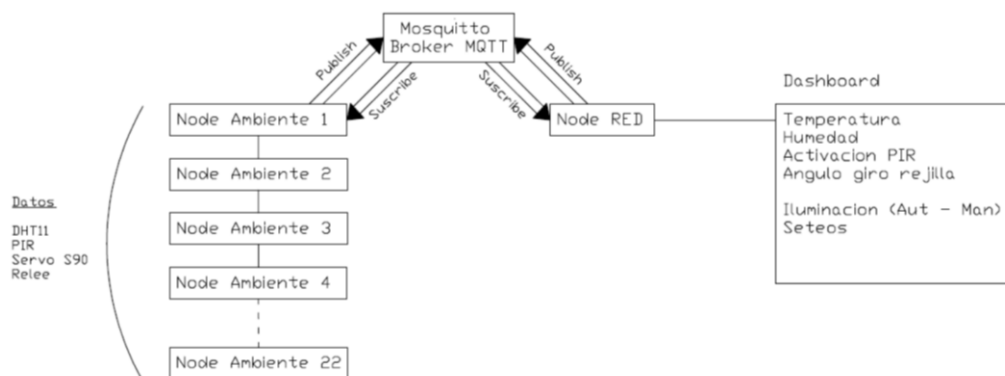
#### Esquema de la estructura del servidor:

Ilustración 54 - Estructura servidor Arduino



Como se puede observar, *Mosquitto*, realiza la interacción entre los distintos nodos o sistemas instalados en cada ambiente y el programa Node Red.

Ilustración 55 - Funcionamiento de Mosquitto



Por un lado, tenemos los nodos, es decir las placas de cada ambiente; y por otro el *Node red* donde se visualiza la temperatura, humedad, presencia, etc.

En el Node Red, se ingresan los ajustes, estos se mantienen fijos hasta que pierda energía el sistema.

Los datos que se interpretan de las mediciones que realizan los sensores instalados se conoce como **Dashboard**.

Los datos enviados, se publican, es decir se hace un “*publish*”. Para poder leer los datos, se debe suscribir a ese tipo de publicación.

El mosquitto recibe mensajes, con diferentes estructuras, pero solo podrán leer cada mensaje los que estén suscritos a mensajes con esa estructura determinada.

Con un publish podemos enviar muchos tipos de datos en un mismo mensaje, y los que están suscritos pueden tomar los datos que quieren. Es decir, un mensaje puede contener varios datos de interés, pero un nodo puede tomar del mensaje solo los datos a los que está suscrito.

Para trabajar con base de datos, a modo de no perder toda la información recibida ante una eventualidad, se necesita asociar todo el sistema a una base de datos central. Así no se perdería el historial en caso de que, por ejemplo, se deba apagar el sistema.

### *Algunas características y funciones del programa*

Cuando el programa envía un mensaje, realiza automáticamente el armado del mismo, actualizando solo el valor de la variable que contiene. Siempre mantendrá, el formato, orden, etc.

Cuando el sistema “escucha” un mensaje se dispara la función “callback”, donde lee el topic y el mensaje, decidiendo que debe hacer con ese mensaje.

Función Serial print; es la herramienta que utilizamos para mostrar lo que va sucediendo en el programa, es decir lo muestra en palabras, por ejemplo, en una pantalla. Lo implementado con la función SerialPrint es utilizado durante la etapa de desarrollo o para un futuro diagnóstico de cada dispositivo.

### **Programas en Sketch Arduino**

Los programas completos que cargamos en las placas Arduino de cada ambiente controlado por la domótica se encuentran en el **Anexo V**.

Agregamos una pequeña descripción de las secciones más importantes de los programas de la instalación *tipo A* y del *tipo E*, siendo estos los más simples y más complejos respectivamente. La complejidad de los mismos es debido a la cantidad de actuadores que son controlados y de los sensores que se reciben datos, lo cual genera que la instalación *tipo E*, que tiene mayor cantidad de actuadores y sensores, tenga una programación más compleja.

## **Comparación y explicación de los programas tipo A y tipo E**

Describimos y comparamos las partes más importantes y críticas de los programas, lo cual es posible, dado que la estructura en ambos es muy similar.

Es útil una explicación y comparación para que se logre cierta comprensión del desarrollo del programa de control de los circuitos domóticos, dado que son similares los funcionamientos, pero cuentan con variaciones respecto a la cantidad de sensores y actuadores presentes en los circuitos.

Estos circuitos y sus diferencias se detallan en los planos del ME-DA-08 al ME-DA-12.

### *Definición de sensores y actuadores*

#### Programa Instalación Tipo A

```
#include <Servo.h>

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <PubSubClient.h>

#include "DHT.h" // including the library of DHT11

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11 sensor usado

#define dht_dpin 0 //GPIO16 PIN D0

#define rele 4 //GPIO4 PIN D2

#define pirSensor 5 //GPIO14 PIN D5
```

#### Programa Instalación Tipo E



```

#include <Servo.h>

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <PubSubClient.h>

#include "DHT.h" // including the library of DHT11

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11 sensor usado

#define dht_dpin 0 //GPIO16 PIN D0

#define dth1_dpin 1 //GPIO5 PIN D1 - Se define el pin D1 como el sensor de
temperatura 1

#define rele 14 //GPIO14 PIN D5

#define pirSensor1 12 //GPIO12 PIN D6

#define pirSensor2 13 //GPIO13 PIN D7

#define pirSensor3 15 //GPIO15 PIN D8

```

En estas líneas del programa definimos los sensores y actuadores, además de especificar el pin donde se conectará la señal de cada uno en la placa central Arduino. Esta parte del código es solo a modo de guía para que *el programador* cuente con esta información de suma importancia en el mismo código.

*Declaración de Pines*

Programa Instalación Tipo A

```
void setup(void){
```

```
//----- Declaracion de pines -----
```

```

pinMode(rele, OUTPUT);

pinMode(pirSensor, INPUT_PULLUP);

servo.attach(4); //Define donde esta conecado el servo

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pirSensor),detectarMovimiento, RISING); // Set

```

### *Interrup PIR*

```

dht.begin(); //Inicializa sensor de temperatura y humedad

Serial.begin(115200); //Inicializa el puerto serie

setup_wifi(); //Llama a la subrutina para inicializar la conexion WiFi

client.setServer(mqtt_server, 1883); //Declara el servidor MQTT

client.setCallback(callback);

Serial.println("*****");

Serial.println("Humedad y temperatura con DHT11");

Serial.println("*****");

delay(4000); //tiempo para mostrar el mensaje anterior

}

```

### *Programa Instalación Tipo E*

```

void setup(void){

//----- Declaracion de pines -----

pinMode(rele, OUTPUT);

pinMode(pirSensor1, INPUT_PULLUP);

pinMode(pirSensor2, INPUT_PULLUP);

pinMode(pirSensor3, INPUT_PULLUP);

```

```

servo1.attach(4); //Define donde esta conecado el servo1
servo2.attach(0); //Define donde esta conecado el servo2
servo3.attach(2); //Define donde esta conecado el servo3

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pirSensor1),detectarMovimiento, RISING); // Set
Interrup PIR

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pirSensor2),detectarMovimiento, RISING); // Set
Interrup PIR

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pirSensor3),detectarMovimiento, RISING); // Set
Interrup PIR

dht.begin(); //Inicializa sensor de temperatura y humedad 1
dht1.begin(); //Inicializa sensor de temperatura y humedad 2
Serial.begin(115200); //Inicializa el puerto serie
setup_wifi(); //Llama a la subrutina para inicializar la conexion WiFi
client.setServer(mqtt_server, 1883);//Declara el servidor MQTT
client.setCallback(callback);
Serial.println("*****");
Serial.println("Humedad y temperatura con DHT11");
Serial.println("*****");
delay(4000);//tiempo para mostrar el mensaje anterior
}

```

En esta parte especificamos en el programa donde se conecta cada sensor y actuador. Definimos los pines a nivel software, los cuales deben coincidir con lo que escribimos al inicio.

*Rutina de Interrupción de PIR**Programa Instalación Tipo A*

```
ICACHE_RAM_ATTR void detectarMovimiento() {  
  
  Serial.println("Movimiento detectado");  
  
  releState=digitalRead(rele);  
  
  if(!releState && ilAutomatica){  
  
    digitalWrite(rele, HIGH);  
  
    lastPir = millis();  
  
  }  
  
}
```

*Programa Instalación Tipo E*

```
ICACHE_RAM_ATTR void detectarMovimiento() {  
  
  Serial.println("Movimiento detectado");  
  
  releState=digitalRead(rele);  
  
  if(!releState && ilAutomatica){  
  
    digitalWrite(rele, HIGH);  
  
    lastPir = millis();  
  
  }  
  
}
```

Exactamente iguales para ambos programas, a pesar de que la instalación *tipo E* tiene más sensores PIR instalados, dado que estos funcionan en forma conjunta, generando el mismo efecto en el sistema, que es encender la iluminación del ambiente ante la detección de presencia.

### *Rutina de Interrupción de PIR*

### *Programa Instalación Tipo A*

```

void loop() {

  float h = dht.readHumidity();

  float t = dht.readTemperature();

  int cierre=(90*(t-(Setpoint+0.5)))+180; // calcula el grado de apertura intermedio

  int apservo=0;

  long unsigned int tiempoActual;

  char msgTemp[256],temp[5];

  //chequeo de tiempo

  tiempoActual = millis();

  releState=digitalRead(rele);

  /*****Control de apertura*****/

  if (t>(Setpoint+0.5)) {

    servo.write(180); // abre

    delay(1000); // tiempo entre lecturas
  }
}

```

```

    }

    if (t<(Setpoint-0.5)) {

        servo.write(90); // abre

        delay(1000); // tiempo entre lecturas

    }

    if ((t>(Setpoint-0.5)) && (t<(Setpoint+0.5))){

        servo.write(cierre); // cierra en punto intermedio

        delay(1000);

    }

    apservo=180 - servo.read();

```

### Programa Instalación Tipo E

```

void loop() {

    float h1 = dht.readHumidity();

    float t1 = dht.readTemperature();

    float h2 = dht1.readHumidity();

    float t2 = dht1.readTemperature();

    float h=(h1+h2)/2;

    float t=(t1+t2)/2;

    int cierre=(90*(t-(Setpoint+0.5)))+180; // calcula el grado de apertura intermedio

    int apservo1=0;

    long unsigned int tiempoActual;

```

```
char msgTemp[256],temp[5];

//chequeo de tiempo

tiempoActual = millis();

releState=digitalRead(rele);

/*****Control de apertura*****/

if (t>(Setpoint+0.5)) {

    servo1.write(180); // abre

    servo2.write(180);

    servo3.write(180);

    delay(1000); // tiempo entre lecturas

}

if (t<(Setpoint-0.5)) {

    servo1.write(90); // abre

    servo2.write(90);

    servo3.write(90);

    delay(1000); // tiempo entre lecturas

}

if ((t>(Setpoint-0.5)) && (t<(Setpoint+0.5))){

    servo1.write(cierre); // cierra en punto intermedio

    servo2.write(cierre);

    servo3.write(cierre);

    delay(1000);
```

```

    }
    apservo1=180 - servo1.read();

```

En esta sección de los programas, definimos el movimiento de las compuertas de las rejillas, determinado por la medición de la temperatura a través de los sondas DHT11. Podemos apreciar la diferencia en los programas debido a la cantidad de sensores DHT11 (1 para el ambiente tipo A y 2 para el ambiente tipo E) y a los servomotores instalados, que es igual a la cantidad de rejillas que existen en el ambiente.

El programa realiza un cálculo utilizando como variable la temperatura medida en el ambiente, para así llegar al valor de apertura de las compuertas. Vale aclarar que, en la instalación *tipo E* al tener dos sensores instalados, se realiza un promedio de los datos obtenidos por los sensores DHT11.

### *Definición del estado de la Iluminación*

#### Programa Instalación Tipo A

```

if (!ilAutomatica && !releState){
    Serial.println("L - Encendido luces manual");
    digitalWrite(rele,HIGH);
}
else if (ilAutomatica && (now - lastPir > 120000)&& releState) {
    digitalWrite(rele,LOW);
}

```



```

    Serial.println("L - Se apagan las luces");
}
}

```

### Programa Instalación Tipo E

```

if (!ilAutomatica && !releState){
    Serial.println("L - Encendido luces manual");
    digitalWrite(rele,HIGH);
}
else if (ilAutomatica && (now - lastPir > 120000)&& releState) {
    digitalWrite(rele,LOW);
    Serial.println("L - Se apagan las luces");
}
}

```

Por último, tenemos la sección del programa donde definimos el estado del control de iluminación, que puede ser manual o automático, es decir la iluminación se puede encender solamente mediante el cambio de estado del interruptor físico instalado en el ambiente o puede encenderse de forma automática dependiendo de lo que el sensor PIR este detectando. En este último modo, si los sensores no han detectado la presencia de alguna persona por 120 segundos, la iluminación se apagará.

Esta parte es exactamente igual tanto para la instalación *tipo A* como para el *tipo E*.

### **Cambio de Luminarias**

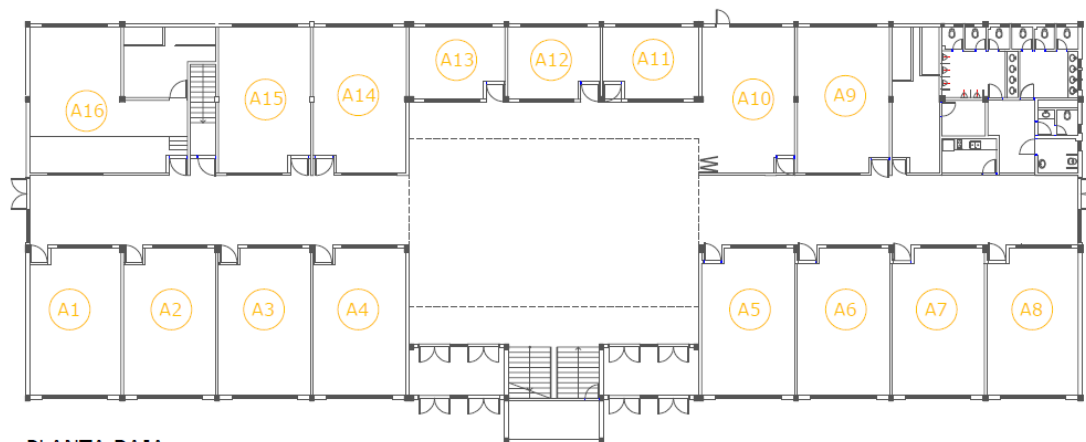
Una parte importante para el control de iluminación tiene base en la actualización de luminarias de todos los ambientes del edificio.

Para la comprobación de la iluminación utilizamos el denominado “*Método de los Lúmenes*” y comprobamos los cálculos de algunos ambientes utilizando el software **Relux**.

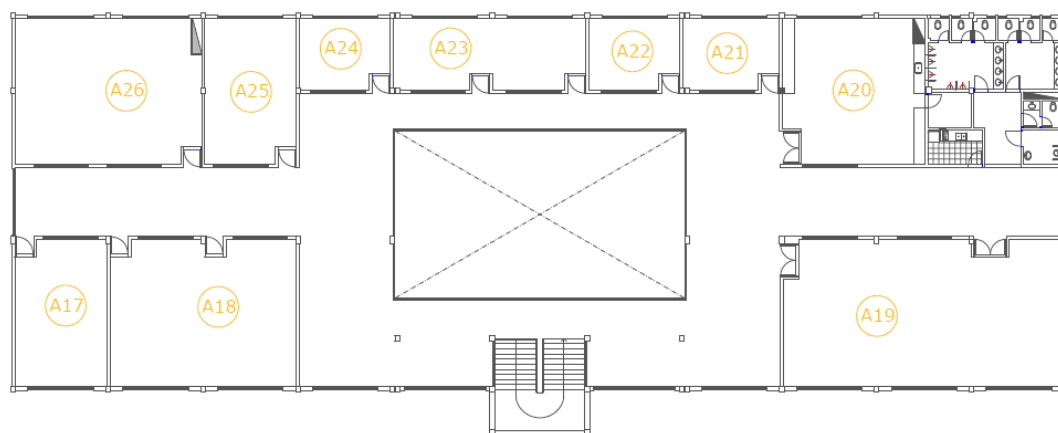
Con este método mencionado logramos obtener los valores de potencia e iluminancia de las luminarias instaladas en cada ambiente del edificio principal de la universidad. El método se basa en la Ley Argentina de Seguridad en el Trabajo Nro. 19.587 y de la reglamentación UNE europea. Estos pasos también se detallan en el “Manual de estándares de espacios de trabajo del Estado Nacional” de la Agencia de Administración de Bienes del Estado Edición 2020.

El ambiente que utilizamos como referencia para mostrar el procedimiento de cálculo, es el Aula 1 (ambiente 1), cuya ubicación se muestra en el siguiente croquis:

Ilustración 56 - Denominación de los Ambientes



PLANTA BAJA



PLANTA PRIMER PISO

En la siguiente tabla detallamos datos y características relacionados a la actualización de luminarias.

- Numeración y ubicación de los ambientes en vista planta del edificio central de la universidad
- Detalle del número asignado a cada ambiente, donde aplicamos en simultaneo los trabajos relacionados a las luminarias y la aplicación de domótica.
- Denominación que le asignamos para la representación en los planos y la simulación en el software Relux.

- Cada tipo de ambiente tiene designada una letra, dependiendo del tipo, uso y dimensiones del mismo. Es decir, esta letra es coincidente para los tipos de ambientes.

Tabla 39 - Tipo de croquis e Informe RELUX

Planta	Ambiente Nro	Tipo	Tipo Croquis e Informe Iluminación Relux
1	1 al 9, 14 y 15	Aula	A
	10	Buffet	A
	11 al 13	Oficina	C
	16	Biblioteca	G
2	17 y 25	Aula	A
	18 y 26	Aula Grande	B
	19	Aula Magna	E
	20	Laboratorio	F
	21, 22 y 24	Oficina	C
	23	Oficina Grande	D

### **Cálculos de potencia instalada proyectada debido a la modificación**

Para obtener los valores de potencia máxima instalada, tomamos datos de la cantidad de luminarias instaladas por ambiente; potencia, lúmenes que emite y tipo de tecnología de lámparas que posee cada artefacto. Con estos datos calculamos la potencia de iluminación en todos los ambientes del edificio para luego obtener la potencia instalada total.

En las tablas 41 y 42 detallamos un estimado de la potencia instalada. En las tablas 43 y 44 detallamos el cálculo de la potencia que se podría obtener en la instalación luego de reemplazar todas las luminarias a tecnología led.

Algunos cálculos son estimativos, desconocemos el tiempo y modo de utilización de las luminarias por ambiente.

Como conclusión podemos apreciar la disminución de la potencia instalada debido a la actualización de las luminarias por tecnología LED, y con ello la disminución del consumo de potencia del edificio de la universidad.

Tabla 40 - Resumen de potencia de iluminación

Planta	Potencia Instalada Actual [W]	Potencia con tecnología LED [W]	Ahorro de Potencia
1	8744	4383	50%
2	6744	3321	49%

### Posible potencia instalada actual del edificio por iluminación

Tabla 41 - Posible Potencia Instalada actual (parte 1)

Planta	Ambiente N°	Tipo	Dimensiones [m]	Superficie [m²]	Cantidad de Aparatos	Lampara por aparato	Efecto
1	1 al 9, 14 y 15	Aula	5 x 8,1	40,5	6	2	encendido por presencia
	10	Buffet	5,1 x 8,1	41,31	8	2	encendido por presencia
	11 al 13	Oficina	5,2 x 3,95	20,54	4	2	encendido por presencia
	16	Biblioteca	5 x 8 + 3,65 x 4	54,6	7	2	encendido por presencia
		Cocina	3 x 1,87	5,61	1	1	
		ante baño M	4,18 x 2,56	10,7	4	1	
		baño	1,17 x 1,22	1,42	1	1	
		ante baño F	3,20 x 2,56	8,2	4	1	
		ante baño Prof	1 x 1,45	1,45	1	1	
		baño Prof	1,2 x 1,45	1,74	1	1	
		baño accesib.	2,2 x 1,87	4,1	1	1	
		pasillo Der. Izq.	20,8 x 3,8	79,04	16	1	
		pasillo sum	15,8 x 2,05	32,4	6	1	
		pasillo ingreso	5,2 x 2,67	13,88	2	1	
	Sum central	15,89 x 9,18	145,87	6	1		
2	17 y 25	Aula	5 x 8	40	6	2	encendido por presencia
	18 y 26	Aula	8 x 10,2	81,6	12	2	encendido por presencia
	19	Aula Magna	15,4 x 8,1	124,74	18	2	encendido por presencia
	20	Laboratorio	7,8 x 8	62,4	12	2	encendido por presencia
	21, 22 y 24	Oficina	5,32 x 3,9	20,74	4	2	encendido por presencia
	23	Oficina	10,5 x 3,9	40,95	8	2	encendido por presencia
		ante baño M	4,18 x 2,56	10,7	4	1	
		baño	1,17 x 1,22	1,42	1	1	
		ante baño F	3,20 x 2,56	8,2	4	1	
		ante baño Prof	1 x 1,45	1,45	1	1	
		baño Prof	1,2 x 1,45	1,74	1	1	
		baño accesib.	2,2 x 1,87	4,1	1	1	
		pasillo Der. Izq.	15,55 x 3,8	59,1	12	1	
		pasillo sum Sup. Inf.	16,09 x 1,8	61,14	6	1	
	pasillo sum Der. Izq.	16,1 x 5,15	82,9	8	1		

Tabla 42 - Posible Potencia Instalada actual (parte 2)

Nivel luminancia [lux]	Altura [m]	Altura de plano de trabajo [m]	Tipo de lampara	Lumenes de lampara [Lm]	Potencia por Lampara	Potencia del ambiente [W]	Total de Potencia Iluminacion [W]	
500	3	0,85	tubo	1800	36	432	8744	
500	3	0,85	tubo	1800	36	576		
500	3	0,85	tubo	1800	36	288		
500	2,5	0,85	tubo	1800	36	504		
200	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	80		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	80		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
200	2,5	0	bombilla	960	12	192		
200	2,5	0	bombilla	960	12	72		
200	2,5	0	bombilla	960	12	24		
200	6	0	reflector	22000	250	1500		
500	3	0,85	tubo	1800	36	432		6744
500	3	0,85	tubo	1800	36	864		
500	3	0,85	tubo	1800	36	1296		
500	3	0,85	tubo	1800	36	864		
500	3	0,85	tubo	1800	36	288		
500	3	0,85	tubo	1800	36	576		
100	2,5	0	bombilla	960	20	80		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	80		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
100	2,5	0	bombilla	960	20	20		
200	2,5	0	bombilla	960	12	144		
200	2,5	0	bombilla	960	12	72		
200	2,5	0	bombilla	960	12	96		

## Potencia Instalada del edificio por iluminación con tecnología LED

Tabla 43 - Potencia Instalada con tecnología LED (parte 1)

Planta	Ambiente N°	Tipo	Dimensiones [m]	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Cantidad de Aparatos	Lampara por aparato	Efecto
1	1 al 9, 14 y 15	Aula	5 x 8,1	40,5	6	2	encendido por presencia
	10	Buffet	5,1 x 8,1	41,31	8	2	encendido por presencia
	11 al 13	Oficina	5,2 x 3,95	20,54	4	2	encendido por presencia
	16	Biblioteca	5 x 8 + 3,65 x 4	54,6	7	2	encendido por presencia
	27	Cocina	3 x 1,87	5,61	1	1	
	28	ante baño M	4,18 x 2,56	10,7	4	1	
	29	baño	1,17 x 1,22	1,42	1	1	
	30	ante baño F	3,20 x 2,56	8,2	4	1	
	31	ante baño Prof	1 x 1,45	1,45	1	1	
	32	baño Prof	1,2 x 1,45	1,74	1	1	
	45	baño accesib.	2,2 x 1,87	4,1	1	1	
		pasillo Der. Izq.	20,8 x 3,8	79,04	8	1	
		pasillo sum	15,8 x 2,05	32,4	6	1	
		pasillo ingreso	5,2 x 2,67	13,88	2	1	
		Sum central	15,89 x 9,18	145,87	6	1	
2	17 y 25	Aula	5 x 8	40	6	2	encendido por presencia
	18 y 26	Aula	8 x 10,2	81,6	12	2	encendido por presencia
	19	Aula Magna	15,4 x 8,1	124,74	18	2	encendido por presencia
	20	Laboratorio	7,8 x 8	62,4	12	2	encendido por presencia
	21, 22 y 24	Oficina	5,32 x 3,9	20,74	4	2	encendido por presencia
	23	Oficina	10,5 x 3,9	40,95	8	2	encendido por presencia
	34	ante baño M	4,18 x 2,56	10,7	4	1	
	35	baño	1,17 x 1,22	1,42	1	1	
	36	ante baño F	3,20 x 2,56	8,2	4	1	
	37	ante baño Prof	1 x 1,45	1,45	1	1	
	38	baño Prof	1,2 x 1,45	1,74	1	1	
	39	baño accesib.	2,2 x 1,87	4,1	1	1	
		pasillo Der. Izq.	15,55 x 3,8	59,1	6	1	
		pasillo sum Sup. Inf.	16,09 x 1,8	61,14	6	1	
		pasillo sum Der. Izq.	13 x 5,15	82,9	8	1	

Tabla 44 - Potencia Instalada con tecnología LED (parte 2)

Nivel luminancia [lux]	Altura [m]	Altura de plano de trabajo [m]	Tipo de lampara	Lumenes de lampara [Lm]	Potencia por Lampara	Potencia del ambiente [W]	Total de Potencia Iluminacion [W]	
500	3	0,85	tubo	1200	12	144	4383	
500	3	0,85	tubo	900	10	160		
500	3	0,85	tubo	1000	12	96		
500	2,5	0,85	tubo	400	5	70		
200	2,5	0,85	bombilla	1200	14	14		
100	2,5	0	bombilla	420	5	20		
100	2,5	0	bombilla	400	5	5		
100	2,5	0	bombilla	400	5	20		
100	2,5	0	bombilla	400	5	5		
100	2,5	0	bombilla	400	5	5		
100	2,5	0	bombilla	960	12	12		
200	2,5	0	bombilla	3000	35	560		
200	2,5	0	bombilla	2000	25	300		
200	2,5	0	bombilla	3000	35	140		
200	6	0	reflector	22000	200	1200		
500	3	0,85	tubo	1200	12	144		3321
500	3	0,85	tubo	1080	12	288		
500	3	0,85	tubo	1200	12	432		
500	3	0,85	tubo	1200	12	288		
500	3	0,85	tubo	1000	12	96		
500	3	0,85	tubo	1000	12	192		
100	2,5	0	bombilla	420	5	20		
100	2,5	0	bombilla	400	5	5		
100	2,5	0	bombilla	400	5	20		
100	2,5	0	bombilla	400	5	5		
100	2,5	0	bombilla	400	5	5		
100	2,5	0	bombilla	800	10	10		
200	2,5	0	bombilla	3825	45	540		
200	2,5	0	bombilla	2000	25	300		
200	2,5	0	bombilla	2150	25	400		

Si comparamos las tablas, notamos la gran disminución o ahorro de potencia que podemos lograr al reemplazar lo instalado actualmente por tecnología LED.

### **Método de los lúmenes aplicado al Aula o Ambiente 1**

Para realizar una muestra del método de los lúmenes aplicamos el cálculo lumínico de todos los ambientes del edificio de la universidad, comenzamos con el ambiente 1, describimos en detalle cada paso.

Los valores obtenidos en el cálculo para los demás ambientes, están detallados en las tablas 50 y 51.



## **Cálculo del flujo luminoso**

Para averiguar el flujo luminoso necesario que deben aportar los artefactos instalados y las lámparas que se van a instalar, es importante analizar el tipo de recinto en estudio. Su forma y sus acabados, ya que influyen notoriamente en cómo reflexiona la luz en ese determinado espacio.

### *Datos de entrada*

Relevamos las dimensiones del local y artefactos colocados. Las dimensiones del ambiente 1 son:

- Ancho= 8,1 [m]
- Largo= 5 [m]
- Alto= 3 [m]

### *Plano de trabajo*

Conociendo el tipo de actividad que se desarrolla, es importante fijar la altura del plano de trabajo. En este caso, como es del tipo educativo, la altura del plano de trabajo es de 0,85 [m].

### *Nivel de iluminancia media (Em)*

Los valores del nivel de iluminancia media se pueden encontrar tabulados en la Ley Argentina de Seguridad e Higiene N° 19.587 ANEXO IV Capitulo 12.

Esta ley define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Sus recomendaciones, en términos de cantidad y calidad del alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, permitiendo crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones.

Tabla 45 - Valores de iluminación

Intensidad mínima de iluminación (Basada en norma IRAM-AADL J 20-06)	
Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
<b>Oficinas</b>	
Halls para el público	200
Contaduría, tabulaciones, teneduría de libros, operaciones bursátiles, lectura de reproducciones, bosquejos rápidos	500
Trabajo general de oficinas, lectura de buenas reproducciones, lectura, transcripción de escritura a mano en papel y lápiz ordinario, archivo, índices de referencia, distribución de correspondencia	500

### *Selección de luminaria y altura de suspensión*

Elegimos lámparas de tecnología LED, las características de selección tienen que ver con luminosidad, potencia y reproducción de colores.

Como los artefactos portalámparas ya están instalados, lo que modificaremos son las lámparas (tubos), mejorando la potencia y calidad.

- Luminarias con potencia de 24 [W]
- Altura en que se encuentran instaladas las luminarias es de 3 [m]

#### *Coefficiente de utilización (Cu)*

El coeficiente de utilización, nos indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano de trabajo. Los fabricantes de luminarias proporcionan tablas para cada modelo. Este coeficiente será tanto más grande cuantos mayores sean los coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud, y menor la altura del plano de trabajo. También, influirá si el alumbrado es directo o no, pues una distribución concentrada dirigirá la luz unitariamente hacia abajo, originando que una menor proporción de luz incida en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento de las instalaciones.

Si este coeficiente no se puede obtener por lectura directa en la tabla, será necesario interpolar.

Para obtener el coeficiente de utilización se necesita antes el índice del local y los coeficientes de reflexión de las superficies presentes en el área.

#### *Índice del área (k)*

El índice del área o local (k) se averigua a partir de la geometría de este. Utiliza los datos de las dimensiones del local.

$$a = \text{ancho}; b = \text{largo}; h = \text{altura}$$

Si tenemos en cuenta como están instaladas y el tipo de luminaria existente, notamos que existe una iluminación directa (hacia abajo).

Tabla 46 - Índice de área

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + h') \cdot (a + b)}$

$$k = 1,030$$

### *Coefficiente de reflexión*

La reflexión de la luz depende el tipo de material o superficie en la que incide, por tanto, no es lo mismo que los acabados del área sean de un material u otro en cuanto a la luz se refiere. Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados.

Tabla 47 - Coeficientes de reflexión

PINTURA/COLOR	COEF. REFL.	MATERIAL	COEF. REFL.
BLANCO	0.70-0.85	MORTERO CLARO	0.35-0.55
TECHO ACUSTICO BLANCO (según orificios)	0.50-0.65	MORTERO OSCURO	0.20-0.30
GRIS CLARO	0.40-0.50	HORMIGON CLARO	0.30-0.50
GRIS OSCURO	0.10-0.20	HORMIGON OSCURO	0.15-0.25
NEGRO	0.03-0.07	ARENISCA CLARA	0.30-0.40
CREMA, AMARILLO CLARO	0.50-0.75	ARENISCA OSCURA	0.15-0.25
MARRON CLARO	0.30-0.40	LADRILLO CLARO	0.30-0.40
MARRON OSCURO	0.10-0.20	LADRILLO OSCURO	0.15-0.25
ROSA	0.45-0.55	MARMOL BLANCO	0.60-0.70
ROJO CLARO	0.30-0.50	GRANITO	0.15-0.25
ROJO OSCURO	0.10-0.20	MADERA CLARA	0.30-0.50
VERDE CLARO	0.45-0.65	MADERA OSCURA	0.10-0.25
VERDE OSCURO	0.10-0.20	ESPEJO DE VIDRIO PLATEADO	0.80-0.90
AZUL CLARO	0.40-0.55	ALUMINIO MATE	0.55-0.60
AZUL OSCURO	0.05-0.15	ALUMINIO ANODIZADO Y ABRILLANTADO	0.80-0.85
		ACERO PULIDO	0.55-0.65

Con los valores obtenidos, se utilizó una tabla de referencia:

Tabla 48 - Coeficiente de corrección

Tabla de corrección						
Techo	0.70	0.70	0.70	0.50	0	
Pared	0.70	0.50	0.20	0.20	0	
Suelo	0.50	0.20	0.20	0.10	0	
k	0.6	77	58	49	48	45
k	1.0	100	77	69	67	63
k	1.5	116	91	84	80	77
k	2.5	129	100	95	90	86
k	3.0	133	103	99	93	89

La lectura directa es posible en esta tabla, pero como es una tabla de referencia y teniendo en cuenta que el coeficiente de utilización es la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano de trabajo, elegimos un valor menor para tener margen de error.

El valor a utilizar es:

$$C_u = 0,95$$

*Coefficiente de mantenimiento (C<sub>m</sub>) o conservación de la instalación*

Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del área.

Para determinarlo, suponemos para las luminarias del ambiente 1 una limpieza periódica anual, y que están ubicadas en el interior.

Tabla 49 - Coeficiente de mantenimiento

Ambiente	Coefficiente de mantenimiento (C <sub>m</sub> )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

$$C_m = 0,8$$

*Flujo luminoso total*

Utilizando los valores obtenidos, calculamos el flujo necesario en el ambiente 1.

$$\phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} = 26644,736 \text{ [Lm]}$$

### *Nivel de iluminación necesario*

En el ambiente 1, hay instalados 6 artefactos portalámparas, cada uno dispone de 2 tubos. Se comprueba si el nivel de iluminación es suficiente mediante la fórmula:

$$NL = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} = 5.55 \text{ luminarias}$$

Redondeando:

$$NL = 6 \text{ luminarias}$$

Con el aporte de los 12 tubos de 24 [W] y 2400 [lm], se llega al flujo necesario.

### *Emplazamiento de las luminarias*

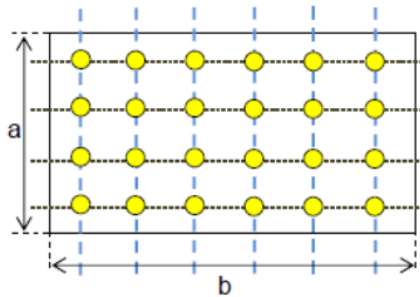
Con el cálculo del número mínimo de luminarias necesarias, determinamos la distancia de separación entre artefactos.

Tenemos que seguir los siguientes lineamientos, sabiendo que, en los locales de planta rectangular, como es el presente caso, se requiere una iluminación uniforme, las luminarias se deberán repartir de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según:

$$N_{ancho} = \sqrt{\left(\frac{N_{total}}{b} \times a\right)}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \left(\frac{b}{a}\right)$$

Ilustración 57 - Emplazamiento de luminarias



Debemos tener en cuenta que la distancia máxima de separación entre las luminarias, depende del ángulo de la apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

Un concepto a tener muy presente es que si después de determinar la posición de las luminarias, se genera una distribución luminosa no del todo uniforme, es debido a la potencia de las lámparas seleccionadas, pudiendo ser excesiva o insuficiente.

Esto es un limitante, dado que las luminarias en los diferentes ambientes ya están instaladas y no se van a mover.

Lo mismo sucede con la cantidad de luminarias, sin modificar la cantidad de tubos o lámparas, solo queda modificar los valores de potencia e iluminancia.



*Luminarias existentes*

Necesitamos comprobar la validez de los datos obtenidos, recordando que anteriormente fijamos el nivel de iluminancia media que debe tener el ambiente 1.

Comprobar los resultados, significa comparar la iluminancia media obtenida en la instalación del presente cálculo con la recomendada y establecer si es igual o superior.

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$E_m = \frac{NL \times n \times \phi_L \times C_u \times C_m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E_{m=6000} [lux] \geq E_{tablas} = 500 [lux] \quad \text{VERIFICA}$$

Demostrado el método de los lúmenes en el aula o ambiente 1, los valores de los cálculos para los demás ambientes los detallamos en las siguientes tablas.

Tabla 50 – Resumen Cálculos y Resultados Método de los Lúmenes (Parte 1)

Planta	Ambiente N°	Tipo	Ancho [m]	Largo [m]	Altura [m]	Altura Plano de Trabajo [m]	de la Ley Arg.	Lumenes por aparato [Lm]	Altura Luminaria [m]	fórmula teórica
							Nivel de Luminancia Amb (Lux)			Índice de Area (k)
1	1 al 9, 14 y 15	Aula	5	8,1	3	0,85	500	2400	3	1,031
	10	Buffet	5,1	8,1	3	0,85	500	1800	3	1,043
	11 al 13	Oficina	5,2	3,95	3	0,85	500	2000	3	0,748
	16	Biblioteca	5	8	2,5	0,85	500	800	2,5	2,011
			3,65	4						
	27	Cocina	3	1,87	2,5	0,85	200	1200	2,5	0,461
	28	ante baño M	4,18	2,56	2,5	0	100	420	2,5	0,635
	29	baño	1,17	1,22	2,5	0	100	400	2,5	0,239
	30	ante baño F	3,2	2,56	2,5	0	100	400	2,5	0,569
	31	ante baño Prof	1	1,45	2,5	0	100	400	2,5	0,237
	32	baño Prof	1,2	1,45	2,5	0	100	400	2,5	0,263
	33	baño accesib.	2,2	1,87	2,5	0	100	960	2,5	0,404
		pasillo Der. Izq.	20,8	3,8	2,5	0	200	3000	2,5	1,285
		pasillo sum	15,8	2,05	2,5	0	200	2000	2,5	0,726
		pasillo ingreso	5,2	2,67	2,5	0	200	3000	2,5	0,706
	Sum central	15,89	9,18	6	0	200	22000	8	0,970	
2	17 y 25	Aula	5	8	3	0,85	500	2400	3	1,026
	18 y 26	Aula	8	10,2	3	0,85	500	2160	3	1,495
	19	Aula Magna	15,4	8,1	3	0,85	500	2400	3	1,769
	20	Laboratorio	7,8	8	3	0,85	500	2400	3	1,316
	21, 22 y 24	Oficina	5,32	3,9	3	0,85	500	2000	3	0,750
	23	Oficina	10,5	3,9	3	0,85	500	2000	3	0,948
	34	ante baño M	4,18	2,56	2,5	0	100	420	2,5	0,635
	35	baño	1,17	1,22	2,5	0	100	400	2,5	0,239
	36	ante baño F	3,2	2,56	2,5	0	100	400	2,5	0,569
	37	ante baño Prof	1	1,45	2,5	0	100	400	2,5	0,237
	38	baño Prof	1,2	1,45	2,5	0	100	400	2,5	0,263
	39	baño accesib.	2,2	1,87	2,5	0	100	800	2,5	0,404
		pasillo Der. Izq.	15,55	3,8	2,5	0	200	3825	2,5	1,221
		pasillo sum Sup. Inf.	16,09	1,8	2,5	0	200	2000	2,5	0,648
		pasillo sum Der. Izq.	5,15	13	2,5	0	200	2150	2,5	1,475

Tabla 51 – Resumen Cálculos y Resultados Método de los Lúmenes (Parte 2)

Prom de tabla por tipo superficie	De tabla con la 2 valores anteriores	De tabla	fórmula teórica	fórmula teórica	Em = Nivel luminancia media de formula (>lumens. Amb. x ley)	Cant. Aparatos Instalados
Factor de Reflexion	Coef. de Utilizacion (Cu)	Coef. Mant. (Cm)	Flujo Luminancia Total	N° Luminarias Requeridas	Comprobacion Em	
0,66	0,950	0,80	26644,737	5,551	6000,000	6
0,66	1,000	0,80	25818,750	7,172	3585,938	8
0,66	0,800	0,80	16046,875	4,012	2005,859	4
0,66	1,200	0,80	7604,167	4,753	2376,302	7
0,66	0,500	0,80	2805,000	1,169	233,750	1
0,66	0,770	0,80	1737,143	4,136	413,605	4
0,66	0,500	0,80	356,850	0,892	89,213	1
0,66	0,770	0,80	1329,870	3,325	332,468	4
0,66	0,500	0,80	362,500	0,906	90,625	1
0,66	0,500	0,80	435,000	1,088	108,750	1
0,66	0,500	0,80	1028,500	1,071	107,135	1
0,40	0,760	0,80	26000,000	8,667	1733,333	8
0,60	0,550	0,90	13086,869	6,543	1308,687	6
0,60	0,550	0,80	6310,909	2,104	420,727	2
0,60	0,670	0,80	54429,179	2,474	494,811	8
0,66	0,950	0,80	26315,789	5,482	2741,228	6
0,66	1,160	0,80	43965,517	10,177	5088,602	12
0,66	1,200	0,80	64968,750	13,535	6767,578	18
0,66	1,130	0,80	34513,274	7,190	3595,133	12
0,66	0,800	0,80	16209,375	4,052	2026,172	4
0,66	1,000	0,80	25593,750	6,398	3199,219	8
0,66	0,770	0,80	1737,143	4,136	413,605	4
0,66	0,500	0,80	356,850	0,892	89,213	1
0,66	0,770	0,80	1329,870	3,325	332,468	4
0,66	0,500	0,80	362,500	0,906	90,625	1
0,66	0,500	0,80	435,000	1,088	108,750	1
0,66	0,500	0,80	1028,500	1,286	128,563	1
0,40	0,650	0,80	22726,923	5,942	1188,336	6
0,60	0,600	0,80	12067,500	6,034	1206,750	6
0,60	0,900	0,80	18597,222	8,650	1729,974	8

De la tabla vale la pena resaltar los resultados que consideramos incoherentes como los que se obtuvieron en ambientes como:

- ✓ La biblioteca, cuyo resultado indica que debemos instalar solo 5 artefactos, siendo que los instalados actualmente son 7.
- ✓ Todos los ambientes destinados a pasillos de tránsito, para lograr un resultado satisfactorio, debimos realizar el cálculo utilizando lámparas de un nivel muy alto de lúmenes y potencia, siendo estos valores excesivos si se tienen en cuenta las características dimensionales y de superficie de los pasillos.

- ✓ El ambiente denominado como SUM, comprobamos que utilizando artefactos con el nivel de potencia y lúmenes equivalentes a los ya instalados, el cálculo nos indica que se deberían instalar solo 2 artefactos, algo incongruente con la cantidad de artefactos instalados actualmente y con la experiencia práctica.

Estos resultados que consideramos como no satisfactorios, serán corregidos con el uso del software Relux, cuyos resultados y características están disponibles para observación en el Anexo VI.

En la tabla existen algunas diferencias de valores obtenidos en cuanto a la cantidad y potencia de las luminarias instaladas, esto es debido a que refieren a componentes disponibles en el mercado nacional, por lo cual, durante el cálculo realizamos una búsqueda de aquellos elementos que mejor se ajustan a las características requeridas.

Se puede observar que al utilizar las lámparas de tecnología LED, reduciremos el consumo de energía, mejorando la calidad de iluminación de los ambientes y logrando mayor comodidad visual.

Como conclusión, podemos decir que reemplazar las luminarias existentes a tecnología LED, lograremos no solo reducir el consumo eléctrico, sino también cumplir con las directivas de la *Ley Argentina de seguridad en el trabajo N° 19.587*.

## **Software RELUX**

Para verificar los resultados obtenidos por el método anterior y poder constatarlos con otro método más moderno y muy utilizado a nivel mundial, utilizamos el programa *Relux*.

Relux es una aplicación de alto rendimiento para la simulación de luz artificial, en el programa al ingresar los datos de los distintos ambientes, logramos obtener informes gráficos, tablas y demás datos que nos ayudaran a entender y detallar la calidad de la iluminación que podemos lograr con las condiciones informadas en los cálculos.

Al realizar la carga de datos de todos los ambientes, encontramos que algunos de ellos tienen una iluminación deficiente, principalmente por la distribución y el número de luminarias instaladas. Es por esto que vamos a generar también una propuesta de mejora de la instalación de las luminarias, aumentando la cantidad de aparatos y/o potencia y por lo tanto la distribución de los mismos.

### **Uso de Software RELUX**

Realizamos la comprobación y obtenemos algunas variaciones con respecto a los resultados del método de los lúmenes, principalmente en los cálculos realizados mediante el software en los ambientes de los pasillos y del SUM, tanto en planta baja como del primer piso.

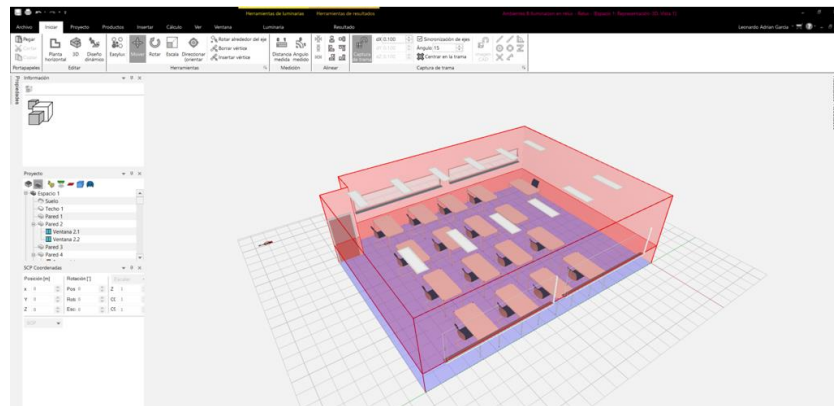
A modo de detallar los resultados obtenidos, en la tabla 52 mostramos las diferencias de los cálculos por el método de los lúmenes y a través del software Relux.

Para que estos sean comprendidos, explicaremos algunos datos obtenidos, mostrando los más importantes que nos brinda.

*Ejemplo calculo por medio de RELUX; Ambiente o Aula número 1, información de importancia*

Se utilizará como ejemplo los datos del ambiente que se denomina aula 1 o ambiente 1. Para comenzar, graficamos el ambiente y agregamos los objetos y luminarias que tiene en su interior.

Ilustración 58 - Software RELUX



## Detalles obtenidos del informe

*Datos luminarias*

## Ilustración 59 - Datos de luminaria

factory setting: luminousflux part=100% (linear dimming level=254)

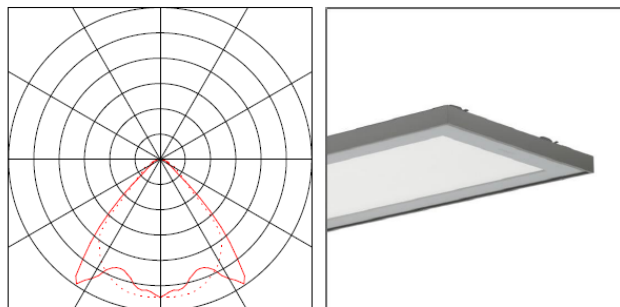
### Datos de luminarias

Fotometría absoluta  
 Eficacia de luminaria : 100 lm/W  
 Clasificación : A50 ↓100.0% ↑0.0%  
 CIE Flux Codes : 71 94 99 100 100  
 UGR 4H 8H : 14.5 / 13.5  
 Potencia : 24 W  
 Flujo luminoso : 2400 lm

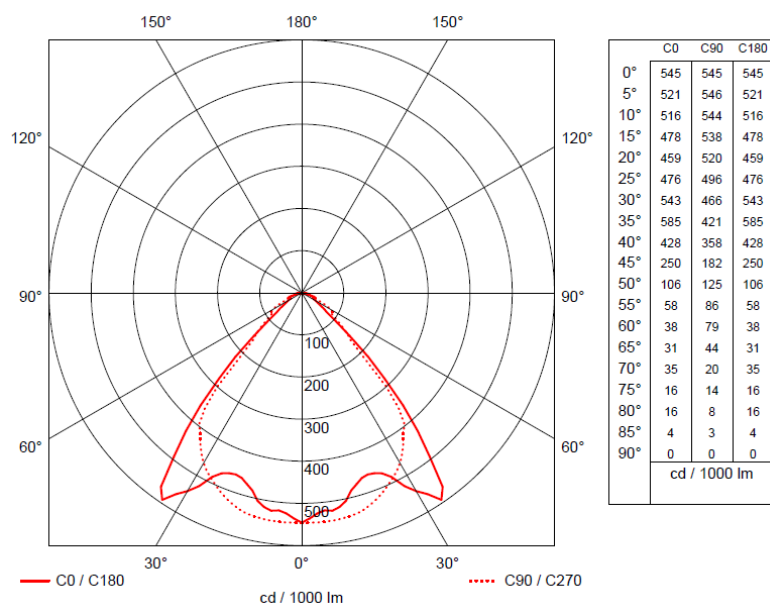
### Equipamiento con

Cantidad : 1  
 Designación : LED 3000K /  
 CRI >= 80  
 Color : 3000K  
 Reproducción cromática 80

Dimensiones : 1246 mm x 363 mm x 37 mm



## Ilustración 60 – Curvas de distribución de la intensidad luminosa



Elegimos una luminaria similar a la que está instalada en el ambiente, según su tipo y equipamiento.

Debemos considerar las condiciones del ambiente, las paredes y el suelo no deben producir el efecto de deslumbramiento, lo cual sería algo perjudicial.

El diagrama de intensidad polar; son curvas de distribución de la intensidad luminosa obtenidas en laboratorio que describen la dirección e intensidad en la que se distribuye la luz entorno al centro de la fuente luminosa. Para encontrarlas se miden las intensidades luminosas en diversos ángulos verticales alrededor de la fuente (designados como ángulos gamma « $g$ ») con un instrumento llamado fotogoniómetro. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de esa fuente en esa dirección. Es decir, se puede ver la forma en que se distribuye su flujo.

También es conocido como diagrama de flujo luminoso, siendo una representación gráfica de la distribución del flujo luminoso de una luminaria o lámpara en la cual el flujo luminoso emitido dentro de un cono es representado como función del ángulo de apertura de dicho cono. Entonces permite visualizar; el espacio, la distribución del flujo y de cómo las luminarias distribuyen el flujo.



*Información adicional*

Ilustración 61 - Diagrama de Soellner

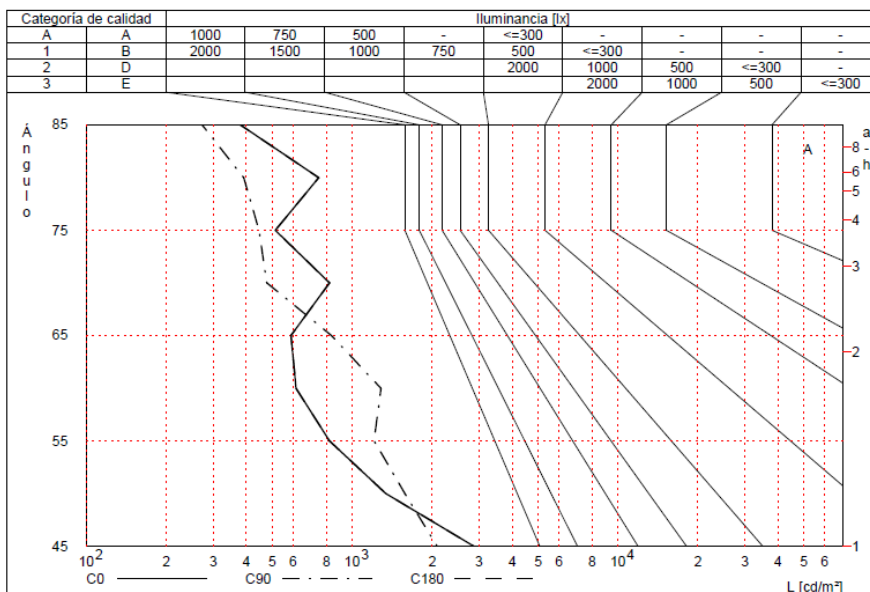


Diagrama de Soellner o ábaco de Soellner, es útil para poder caracterizar el deslumbramiento directo de una instalación.

Uso del Ábaco: La parte superior del diagrama indica la clasificación según las CIE y las DIN a partir de las cuales seleccionar el grado de deslumbramiento admitido para la instalación; desde la tabla de las iluminancias medias de la instalación se selecciona el valor medio deseado desde donde se baja en el diagrama localizando la línea límite de luminancia.

El diagrama nos indica también la curva de luminancia de la luminaria, si ésta está completamente a la izquierda de la curva límite la luminaria corresponde al tipo de deslumbramiento solicitado; la luminaria es, en cambio, deslumbrante si se interceptan o si está completamente a la derecha.

En el diagrama podemos ver las curvas de las luminancias en sentido longitudinal y transversal; los valores de luminancia en función de los ángulos de observación se indican en la tabla debajo del diagrama.

#### Los Tipos de Calidad de Deslumbramiento

**A** > Muy difícil

**B** > Con resultados visivos altos

**C** > Con resultados visivos normales

**D** > Con resultados visivos limitados

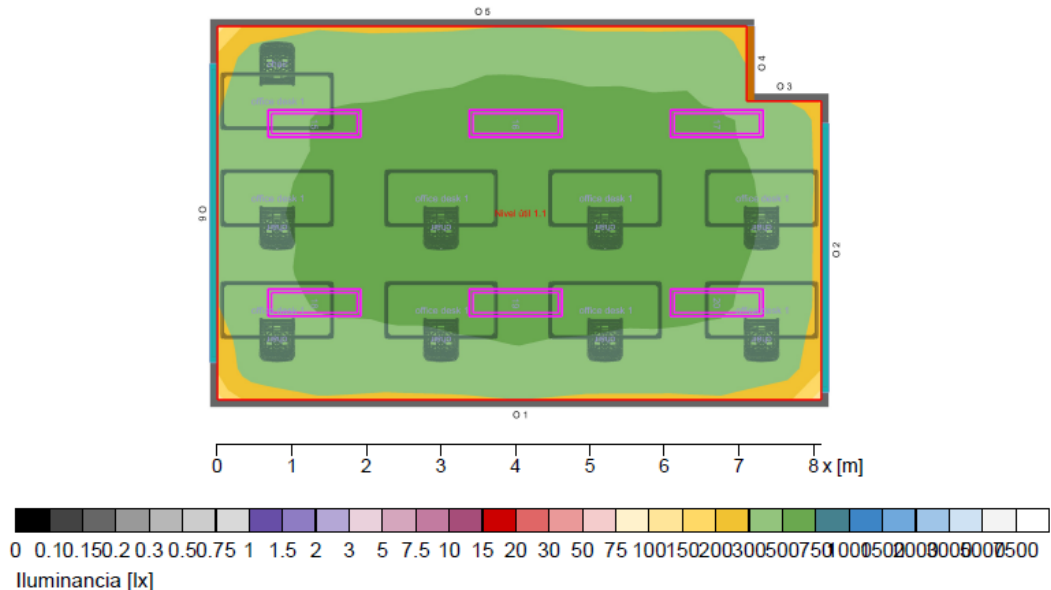
**E** > A considerarse para zonas de trabajo en las cuales se efectúan trabajos con escasos resultados visivos.

#### *Descripción del espacio*

Planta horizontal y vista 3d, con la ubicación de los artefactos.



Ilustración 64 - Superficie de evaluación - Datos iluminancia



Se indican las líneas *isolux*; que muestran cómo se distribuye la iluminación en toda el área, tomando como referencias líneas de igual iluminancia. Los gráficos donde se representan estas líneas son muy útiles porque dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo.

## Ilustración 65 - Resumen de resultados RELUX

<b>General</b>			
Algoritmo de cálculo utilizada		Parte indirecta media	
Altura del nivel de luminarias		3.00 m	
Factor de mant.		0.80	
Flujo luminoso total de lámparas		14400.00 lm	
Potencia total		144.0 W	
Potencia total por superficie (39.50 m <sup>2</sup> )		3.65 W/m <sup>2</sup> (0.79 W/m <sup>2</sup> /100lx)	
<b>Superficie de evaluación 1</b>	<b>Nivel útil 1.1</b>		
Perfil de usuario	Oficinas		
	5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos (Ra >80.00)		
	horizontal	cilíndrico	
Em	460 lx (>= 500 lx)	302 lx (>= 50 lx)	
Emin	334 lx	229 lx	
Emin/Em (Uo)	0.73 (>= 0.60)	0.76 (>= 0.10)	
Emin/Emax (Ud)	0.60		
UGR (2.8H 4.5H)	<=13.8 (< 19.00)		
Posición	0.85 m	1.30 m	
<b>Superficies principales</b>	Em	Uo	
M 1.7 (Techo)	281 lx (>= 30 lx)	0.84 (>= 0.10)	
M 1.1 (Pared)	296 lx (>= 50 lx)	0.75 (>= 0.10)	
M 1.2 (Pared)	288 lx (>= 50 lx)	0.60 (>= 0.10)	
M 1.3 (Pared)	316 lx (>= 50 lx)	0.65 (>= 0.10)	
M 1.4 (Pared)	329 lx (>= 50 lx)	0.69 (>= 0.10)	
M 1.5 (Pared)	312 lx (>= 50 lx)	0.45 (>= 0.10)	
M 1.6 (Pared)	276 lx (>= 50 lx)	0.50 (>= 0.10)	

Resumen de resultados, podemos ver datos importantes de la iluminancia horizontal media en las superficies del ambiente, las paredes y el suelo.

En el informe podemos ver datos del ambiente, altura, superficie, potencia total, potencia por área. Iluminancia horizontal (es la que importa, es lo perceptible al ojo humano), uniformidad (ah revisar valores óptimos, en el aula no debería ser a lo sumo 0,6 en las superficies importantes)

Con respecto a la iluminación horizontal media (Em), que es el nivel de iluminación en lux, si hay déficit, existen dos opciones para corregir esto:

- Agregar más luminarias y generar una mejor distribución.
- Cambiar las luminarias por unas que tengan mayor flujo luminoso.

### *Iluminancia en el plano del nivel útil*

Tabla de nivel de iluminancia al nivel útil del ambiente, coordenadas por distancias en ambas direcciones del plano del nivel útil.

Ilustración 66 - Tabla de iluminancia en plano útil

[m]	340	406	413	430	449	431	424	397	
4.5									
4.0	388	485	501	516	531	519	510	494	399
3.5									
3.0	394	508	503	520	<b>554</b>	520	517	522	413
2.5									
2.0	391	507	502	517	551	518	514	517	401
1.5									
1.0	382	483	496	510	524	512	505	490	399
0.5									
	341	403	407	421	440	421	417	408	<b>(334)</b>
	1	2	3	4	5	6	7	[m]	
	Iluminancia [lx]								

### *Diagrama de relieve 3d Iluminancia*

Representación de formaciones cónicas, el envolvimiento del área, con la formación de conos de iluminación, son indicativos de la distribución de iluminación sobre el área en estudio.

Ilustración 67 - Diagrama de relieve 3D

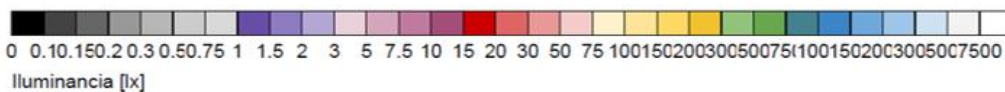
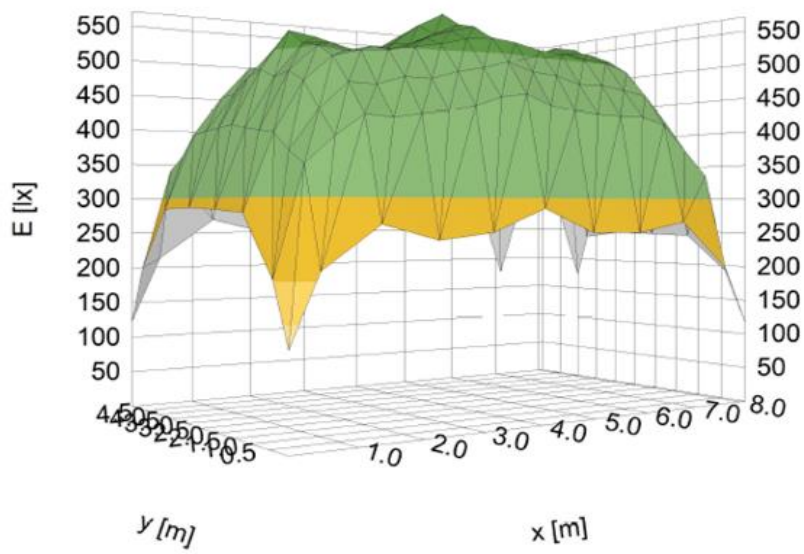
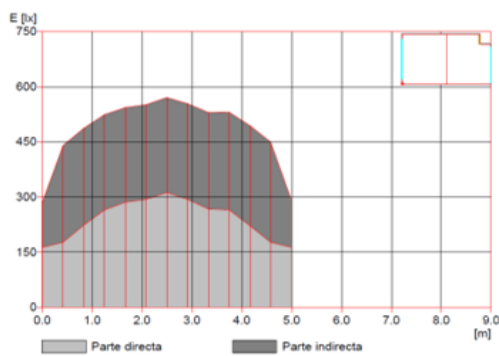
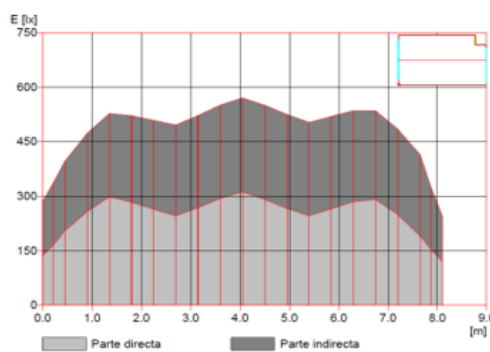


Ilustración 68 - Sección transversal y longitudinal del diagrama relieve



Sección transversal en x = 4.05 m

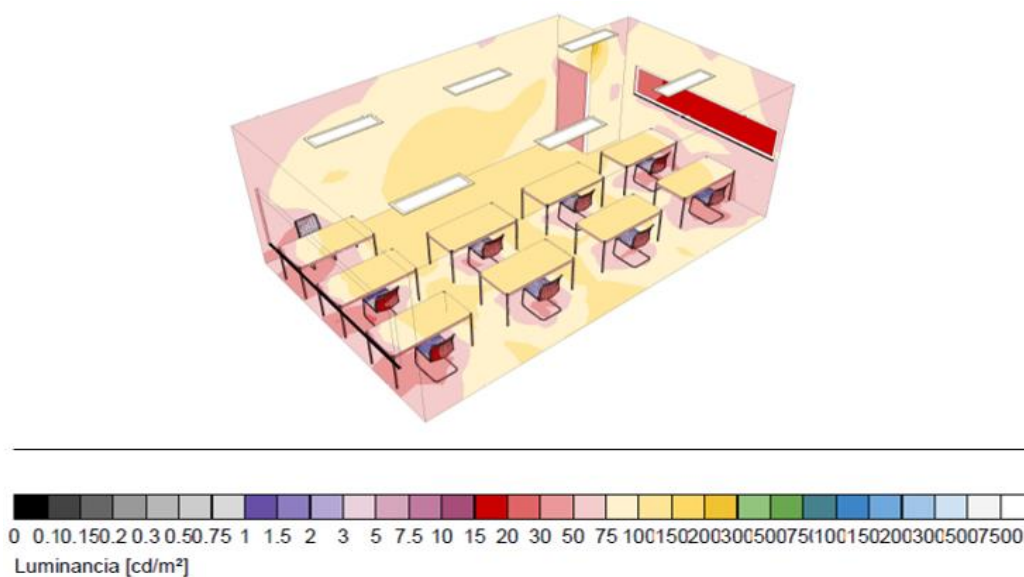


Sección longitudinal en y = 2.50 m

### Representación 3D – Luminancia

Diagrama de colores falsos; donde podemos apreciar la distribución del calor de las luminarias, y las reflectancias.

Ilustración 69 - Colores falsos 3D



Los colores falsos son una representación gráfica de los niveles iluminación. Permiten identificar rápidamente la uniformidad y las zonas donde se requiere ajustar los niveles de luxes.

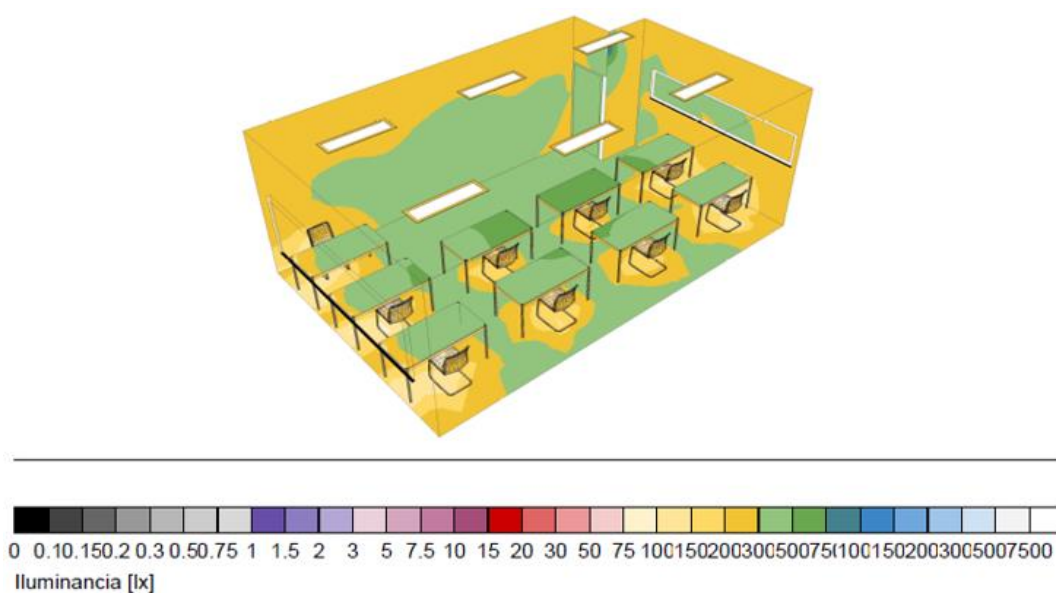
La escala de colores falsos se ejecuta de manera uniforme en todas las vistas y resultados y, por lo tanto, permite comparaciones y análisis directos



### *Representación 3D – Iluminancia*

Podemos ver en lo reproducido por el programa Relux una zona de resultados para poder realizar ajustes, es decir poder realizar pequeños cambios para modificar el resultado en caso de ser necesario.

Ilustración 70 - Representación Iluminancia 3D



Es necesario tener en cuenta que en el diagrama de distribución en 3d, las reflectancias de las paredes, que no haya zonas muy iluminadas en el techo y zonas altas, dado que las luminarias son de iluminación directa.

## Conclusión del cálculo del ambiente

Con las luminarias instaladas actualmente, el cálculo del método de los lúmenes arroja un resultado satisfactorio, con el software Relux arroja un resultado que no se considera satisfactorio, dado que no solo no se logra llegar a la iluminancia horizontal media requerida por la ley, sino que también la distribución del flujo luminoso no es adecuada como lo recomienda la ilustración 66.

El siguiente paso es realizar una corrección en la simulación del software, que puede constar en el cambio de la cantidad de artefactos y/o el aumento de potencia de las mismas.

Las modificaciones realizadas, se adjuntan en el Anexo VI, los resultados y modificaciones realizadas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 52 - Resultados y modificaciones en la iluminación de los ambientes

Planta	Ambiente N°	Tipo	Tipo Tamaño	Resultado Relux	Modificación Necesaria en la Instalación	Em Logrado	Diferencias con Metodo de los lúmenes
1	1 al 9, 14 y 15	Aula	Comun	No suficiente	Colocar mas luminarias	564 Lx	Mayor cantidad de luminarias (9 artefactos)
	11 al 13	Oficina	Comun	Satisfactorio	-	491 Lx	-
	16	Biblioteca	-	No suficiente	Colocar otras luminarias, mayor cantidad, aumentar pot y flujo luminoso	490 Lx	Mayor cantidad de luminarias y mas potentes (10 artefactos de 2600 lm)
		pasillo Aulas Der. Izq.	-	Satisfactorio	-	226 Lx	Luminarias de menor flujo luminoso (1200 Lm)
		pasillo sum	-	Satisfactorio	-	223 Lx	Luminarias de menor flujo luminoso (1000 Lm)
		pasillo ingreso	-	Satisfactorio	-	223 Lx	Luminarias de menor flujo luminoso (1000 Lm)
2		Sum central	-	Satisfactorio	-	248 Lx	Mayor cantidad de luminarias (8 artefactos)
	17 y 25	Aula	Comun	No suficiente	Colocar mas luminarias	564 Lx	Mayor cantidad de luminarias (9 artefactos)
	18 y 26	Aula	Grande	No suficiente	Colocar otras luminarias y mayor cantidad	509 Lx	Mayor cantidad de luminarias (15 artefactos)
	19	Aula Magna	-	No suficiente	Aumentar potencia y flujo luminoso	537 Lx	Luminarias de mayor flujo luminoso (2600 Lm)
	20	Laboratorio	-	Satisfactorio	-	526 Lx	-
	21, 22 y 24	Oficina	Comun	Satisfactorio	-	491 Lx	-
	23	Oficina	Grande	No suficiente	Aumentar potencia y flujo luminoso	513 Lx	Luminarias de mayor flujo luminoso (2400 Lm)
		pasillo Aulas Der. Izq.	-	Satisfactorio	-	212 Lx	Luminarias de menor flujo luminoso (1200 Lm)
		pasillo sum Sup. Inf.	-	Satisfactorio	-	218Lx	Luminarias de menor flujo luminoso (800 Lm)
		pasillo sum Der. Izq.	-	Satisfactorio	-	204 Lx	Luminarias de menor flujo luminoso (500 Lm)

En esta tabla se detallan ciertos aspectos de los sistemas de iluminación realizado en Relux:

- Datos de los ambientes referidos a tamaños, los cuales los diferencian de ambientes similares en cuanto a utilización, dado que existen oficinas y aulas con dos tipos de tamaños.
- Calificación del resultado de la primera simulación en Relux, si es satisfactorio o no.
- Modificación realizada en la primera simulación Relux, en caso que esta no haya sido satisfactoria.
- Iluminancia horizontal media ( $E_m$ ) lograda con la modificación de la simulación, la misma pasa a ser considerada como resultado satisfactorio.
- La cantidad de luminarias que se recomiendan instalar y/o modificar en cada ambiente.
- Diferencias de la simulación satisfactoria comparado con lo obtenido por medio del método de los lúmenes.

### **Conclusiones de los cálculos con Relux**

En todos los ambientes afectados por el cálculo hace falta realizar modificaciones en la iluminación, tanto en la tecnología de las lámparas, como en la cantidad o ubicación de los artefactos.

Esta sería una tarea deseable de realizar para cumplir la ley, y al mismo tiempo poder reducir el consumo eléctrico del edificio.

Por otro lado, realizando la modificación planteada lograríamos tener, una menor generación de residuos contaminantes asociados al descarte de lámparas de bajo consumo y tubo fluorescentes.

Podemos afirmar también que el software Relux es una potente herramienta para el cálculo lumínico, aventaja en rapidez y practicidad al cálculo por el método de los lúmenes. Además, permite visualizaciones en 3D, lo cual genera que el cálculo y los resultados sean más entendibles.

Al plantear estas ventajas nos ayuda a tomar la decisión de aceptar como válidos los resultados de los informes de Relux, a pesar de las variaciones de valores en los resultados obtenidos a través del método de los lúmenes, principalmente en los ambientes de los pasillos y del SUM.

Consideramos que las mencionadas diferencias obtenidas en los cálculos mediante el uso de RELUX, son correctas dado que es una herramienta cuya eficacia ha sido comprobada por los instaladores y fabricantes de luminarias a nivel mundial, estos últimos, realizan actualizaciones y revisiones anualmente.

En el Anexo VI se adjuntan los datos de cálculo más importantes para los diferentes ambientes analizados.

## **Análisis Económico y Ambiental**

### **Evaluación económica**

Realizaremos la evaluación económica sobre la parte solar del proyecto, esto se debe a que la instalación del sistema de domótica no representa un costo significativo si lo comparamos con el sistema de generación solar.

La propuesta del reemplazo de luminarias por tecnología LED, tampoco será tenido en cuenta en el análisis económico, ya que es una propuesta de mejora para la disminución del consumo de energía, que no dificulta o interfiere con la implementación del presente proyecto.

La ganancia de la energía generada está calculada en base al precio de compra de energía estabilizado de la distribuidora local al MEM (Mercado Eléctrico Mayorista).

Los valores de ingresos se calculan utilizando los datos de precio \$/kWh, la cantidad de energía generada y el factor de planta.

- Precio actualizado a noviembre 2022 del servicio eléctrico es de *9,183 \$/kWh*.
- El cálculo lo realizamos partiendo de la premisa que toda la energía generada se vende a la red eléctrica local.

Tabla 53 - Ganancias por venta de generación

Generación [kWh/año]	Ahorro [\$/año]
8.840	81.179,00

Al realizar la evaluación económica de generación, el cual tiene un costo aproximado de \$5.484.462,60, una tasa de interés anual de 50% (sin tener en cuenta la inflación anual) y un período de beneficio de 20 años, el resultado de la TIR es *negativa*, siendo su valor de **-71,86%**.

Tabla 54 – Flujo de fondos

Flujo de fondos - 20 años																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-5484462,6	-5523071,61	-5580985,11	-5667855,37	-5798160,77	-5993618,88	-6286805,99	-6726586,69	-7386257,74	-8375764,32	-10713699,2	-12940089	-16279673,7	-21289050,7	-28803116,26	-40074214,6	-56980862,1	-82340833,35	-120380790,2	-177440725,6	-263884303,5
TIR																				
-	-0,99706902	-0,99562518	-0,99348591	-0,9903352	-0,98573565	-0,97910684	-0,96972851	-0,95680148	-0,93960857	-0,9261057	-0,89172904	-0,86270159	-0,83282115	-0,804449159	-0,77950195	-0,75900552	-0,74308444	-0,731247864	-0,722731686	-0,718638208

Tabla 55 - TIR a 20 años

VAN	-5 4.009.540,06
TIR	-71,86%
PRI	-

Si bien, el resultado de la TIR es negativa, la ganancia que se puede obtener con la energía generada con 15 paneles fotovoltaicos es considerable, en algunos meses podríamos ahorrar un porcentaje significativo en el consumo de energía activa.

Tabla 56 - Energía generada mensual (2022)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía disponible	7,6	6,7	5,4	4,3	3,23	2,7	3,1	3,8	5,4	6,1	7,14	7,7
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eficiencia	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
heq	186,12	148,20	132,25	101,91	79,10	63,99	75,92	93,06	127,98	149,39	169,24	188,57
POT max kWh/mes	1414,54	992,97	714,13	438,21	255,50	172,77	235,35	353,64	691,09	911,27	1208,55	1452,01
Pago Energía MEM \$	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183	9,183
Ahorro de \$ por mes	\$ 12.989,74	\$ 9.118,41	\$ 6.557,84	\$ 4.024,11	\$ 2.346,27	\$ 1.586,57	\$ 2.161,21	\$ 3.247,44	\$ 6.346,30	\$ 8.368,22	\$ 11.098,16	\$ 13.333,83
Consumo UTN kWh	4785	4675	6033	8218	10754	12979	8811	9916	10738	9399	5863	5707
											Dato 2021	Dato 2021

## Evaluación ambiental

Implementando la propuesta del presente proyecto no solo logramos generar energía sustentable, sino que se ayudamos a reducir el consumo de energía generada por métodos convencionales, logrando un beneficio que se puede cuantificar mediante el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero, y con ello contribuir a la reducción de la huella de carbono.

La unidad utilizada para la comparación es el kilogramo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalentes que se dejan de emitir a la atmosfera.

Se debe adicionar 0,51 kgCO<sub>2</sub> equivalentes para la generación de 1 kWh de energía no renovable, por lo tanto, el ahorro de emisiones con la generación propuesta será:

Ilustración 71 - Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>

Generación [kWh/año]	Emisiones [kgCO <sub>2</sub> /año]
8840	4510

*Es posible evitar emitir al medio ambiente 4510 Kg de CO<sub>2</sub> equivalente al año, contribuyendo a mejorar la eficiencia energética, aportando una idea innovadora en la instalación de este tipo de estructuras para la generación solar de la zona.*

## CONCLUSIONES

Creemos que es necesario contribuir al cambio climático y concientizar a las futuras generaciones que las fuentes de energías renovables deben tener mayor peso, apostando de forma inequívoca no solo a la generación de la misma, sino a una disminución del consumo per cápita, en paralelo al avance de sistemas que contribuyen a la eficiencia energética.

Al implementar nuestra propuesta del *Mejoramiento energético en UTN FrCH*, estaremos generando un impacto social y ambiental, concientizando a la sociedad e innovando con la instalación de estos sistemas.

A su vez, ayudaríamos a que nuestra Ciudad adhiera a las políticas actuales del país, cada vez más exigidas, 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, el consumo y la mejora de los procesos para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos orientados hacia las ciudades sostenibles.

Es posible implementar nuestro proyecto, gestionando desde la *UTN FrCH* un convenio con entidades financieras públicas o privadas, minimizando el aspecto económico, pensando en un desarrollo sustentable, demostrando responsabilidad medioambiental con el fin de aprovechar esta fuente de energía gratuita, limpia e inagotable, generando un gran atractivo visual y ejemplificador.



**Unidades**

A	Amper.
V	Volt.
$\Omega$	Ohm.
W	Watts.
s	Segundos.
ms	Milisegundos
Km	Kilómetros.
m	Metros.
mm	Milímetros.
Hz	Hertz.
%	Porcentaje.
h	Horas.
Wp	Watts Pico

## Costos de Materiales

### Costos de materiales Solares eléctricos

Tabla 57 - Costos de materiales eléctricos Solares

Descripción	Cantidad	Precio unitario	TOTAL
Panel solar - Trina Solar 370 W	15	\$ 83.159,00	\$ 1.247.385,00
Inversor - Growatt 10KTL3-X	1	\$ 770.516,00	\$ 770.516,00
Protección de descarga ATM	2	\$ 15.610,00	\$ 31.220,00
Porta fusible	1	\$ 2.682,00	\$ 2.682,00
Fusible 10 A	1	\$ 1.273,00	\$ 1.273,00
Llave de corte CC	1	\$ 21.014,00	\$ 21.014,00
Interruptor diferencial 4p	1	\$ 18.987,00	\$ 18.987,00
Termomagnética 4p	1	\$ 23.216,00	\$ 23.216,00
Interruptor diferencial 2p	1	\$ 9.206,00	\$ 9.206,00
Termomagnética 2p	1	\$ 12.604,00	\$ 12.604,00
Cable solar 4 mm <sup>2</sup>	3,5	\$ 636,00	\$ 2.226,00
Cable solar 6 mm <sup>2</sup>	5	\$ 841,00	\$ 4.205,00
Cable tipo Sintenax 4x6 mm <sup>2</sup>	35	\$ 2.038,00	\$ 71.330,00
Puesta a tierra	25	\$ 4.127,00	\$ 103.175,00
Tornillo conexión PAT	15	\$ 1.438,00	\$ 21.570,00
Mordaza TYN 309 35 mm	60	\$ 1.049,00	\$ 62.940,00
Gabinete eléctrico exterior	1	\$ 105.556,00	\$ 105.556,00
Caño eléctrico galvanizado 1"	2	\$ 3.023,00	\$ 6.046,00
Curva eléctrica galvanizada 1"	2	\$ 954,00	\$ 1.908,00
Caja distribución eléctrica galvanizada	1	\$ 3.881,00	\$ 3.881,00
Mano de obra personal calificado (40%)	1	\$ 1.008.376,00	\$ 1.008.376,00
			<b>\$ 3.529.316,00</b>

## Costos de materiales para estructura solar

Tabla 58 - Costos de materiales estructura solar

Descripción	Cantidad	Precio unitario	TOTAL
Perfil UPN 100 F24	222	\$ 4.970,00	\$ 1.103.340,00
Perfil ángulo 2"x 3/16"	29	\$ 3.828,00	\$ 111.012,00
Chapa 10 mm	0,3	\$ 4.392,00	\$ 1.317,60
Kit Fischer FIS EM PLUS	3	\$ 29.254,00	\$ 87.762,00
Mano de obra personal calificado (50%)	1	651715	\$ 651.715,00
			<b>\$ 1.955.146,60</b>

## Costos de materiales Domótica

Tabla 59 - Costos de materiales eléctricos Domótica

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
Placa ESP8266 NodeMCU V2	26	\$ 1.899,00	\$ 49.374,00
Servomotor SG90 180º	37	\$ 1.100,00	\$ 40.700,00
Sensor temp. y humedad DHT11	31	\$ 579,00	\$ 17.949,00
Modulo relee 5V	26	\$ 616,00	\$ 16.016,00
Sensor de movimiento PIR	47	\$ 600,00	\$ 28.200,00
Rejilla Impresa plástico 3D	37	\$ 4.856,02	\$ 179.672,74
Caja estanca 165x165x81 mm	26	\$ 1.371,00	\$ 35.646,00
Borneras	408	\$ 200,00	\$ 81.600,00
Cable UTP 2 pares 4 hilos x 400 mts	1	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
Cablecanal 30x12mm x 2m	200	\$ 862,00	\$ 172.400,00
Cargador 2 Patas + Cable USB micro USB	26	\$ 926,00	\$ 24.076,00
			<b>\$ 669.633,74</b>

## Costos de materiales Modificación Iluminación

Tabla 60 - Costo de materiales modificación luminaria

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
Tubo Led 60cm 12 W	48	\$ 700,00	\$ 33.600,00
Luminaria Empotrable Led 50 W 2600Lm	26	\$ 8.000,00	\$ 208.000,00
Luminaria Empotrable Led 40 W 2000Lm	128	\$ 7.000,00	\$ 896.000,00
Tubo Led 120cm 18 W	24	\$ 1.200,00	\$ 28.800,00
Proyector Reflector Led 22000Lm	8	\$ 12.500,00	\$ 100.000,00
Lampara Led 14 W	23	\$ 280,00	\$ 6.440,00
Lampara Led 5 W	22	\$ 180,00	\$ 3.960,00
Lampara Led 10 W	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Lampara Led 12 W	7	\$ 260,00	\$ 1.820,00
Lampara Led 7 W	8	\$ 220,00	\$ 1.760,00
Hora Mano Obra Mod. Iluminación	80	\$ 4.000,00	\$ 320.000,00
			<b>\$ 1.600.630,00</b>

## Referencia

<https://www.argentina.gob.ar/>

Atlas de Energía Solar de la República Argentina

<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia>

Guía del Recurso Solar de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia  
Energética

Manual de generación distribuida Solar Fotovoltaica de la Subsecretaría de Energías  
Renovables y Eficiencia Energética

<https://www.iea.org>

<https://cammesaweb.cammesa.com/informe-sintesis-mensual/>

<https://www.enair.es/es/app>

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Gestión de proyectos – William Wallace 2014

Diseño y desarrollo de productos – Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger 5ta edición

<https://www.arduino.cc/reference/es/>

<https://www.prometec.net/intro-programacion/>

Robótica y domótica básica con Arduino – Pedro Porcuna López

Ley Argentina de Seguridad en el Trabajo Nro. 19.587

Manual de estándares de espacios de trabajo del Estado Nacional de la Agencia de Administración de Bienes del Estado Edición 2020.