

## Trabajo Fin de Grado

Auditoría energética de la Escuela Universitaria  
Politécnica de Teruel

Energy study of the Polytechnic University School  
of Teruel

Autor

Holbein Stewart Hortua León

Directores

Agustín Llorente Gómez  
Raúl Igual Catalán

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel

2022

# ANEXOS

## ANEXO I

### Consumo energético general

Para este apartado, ya que es meramente informativo, obtendremos los datos de los consumos en los últimos años mediante el transformador de la Politécnica, a través de la Oficina Verde de la Universidad de Zaragoza. Estos datos no solo abarcan la EUPT, también el edificio de Vicerrectorado, la Facultad de Ciencias Sociales y el alumbrado.

	kWh	€	€/kWh
<b>Enero</b>	34.268,00	4.419,20	0,12
<b>Febrero</b>	34.200,00	4.435,74	0,12
<b>Marzo</b>	33.038,00	4.393,55	0,13
<b>Abril</b>	28.095,00	3.864,01	0,13
<b>Mayo</b>	32.004,00	4.200,70	0,13
<b>Junio</b>	27.713,00	3.731,95	0,13
<b>Julio</b>	24.708,00	3.467,29	0,14
<b>Agosto</b>	17.822,00	2.799,88	0,15
<b>Septiembre</b>	24.986,00	3.466,29	0,13
<b>Octubre</b>	28.183,00	3.896,51	0,13
<b>Noviembre</b>	30.081,00	4.051,91	0,12
<b>Diciembre</b>	23.775,00	3.439,86	0,14

*Tabla 1. Consumo energético de 2018 [1].*

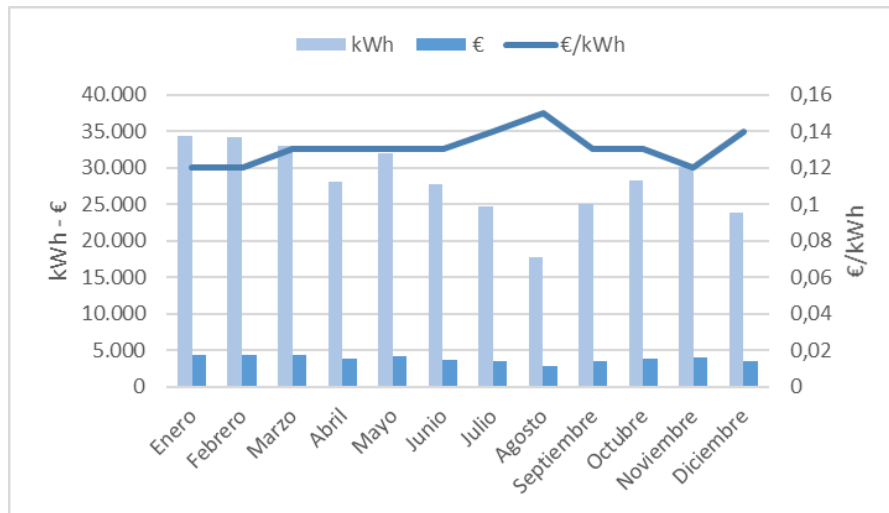


Figura 1. Evolución consumo 2018.

	kWh	€	€/kWh
<b>Enero</b>	28.723,00	4.484,43	0,16
<b>Febrero</b>	24.809,00	3.715,78	0,15
<b>Marzo</b>	25.238,00	3.664,44	0,15
<b>Abril</b>	22.047,00	3.364,11	0,15
<b>Mayo</b>	24.766,00	3.621,78	0,15
<b>Junio</b>	21.771,00	3.208,76	0,15
<b>Julio</b>	21.130,00	3.299,13	0,16
<b>Agosto</b>	12.656,00	2.359,96	0,19
<b>Septiembre</b>	21.348,00	3.202,81	0,15
<b>Octubre</b>	27.080,00	3.901,20	0,14
<b>Noviembre</b>	28.831,00	3.932,81	0,13
<b>Diciembre</b>	23.114,00	3.194,92	0,14

Tabla 2. Consumo energético de 2019 [1].

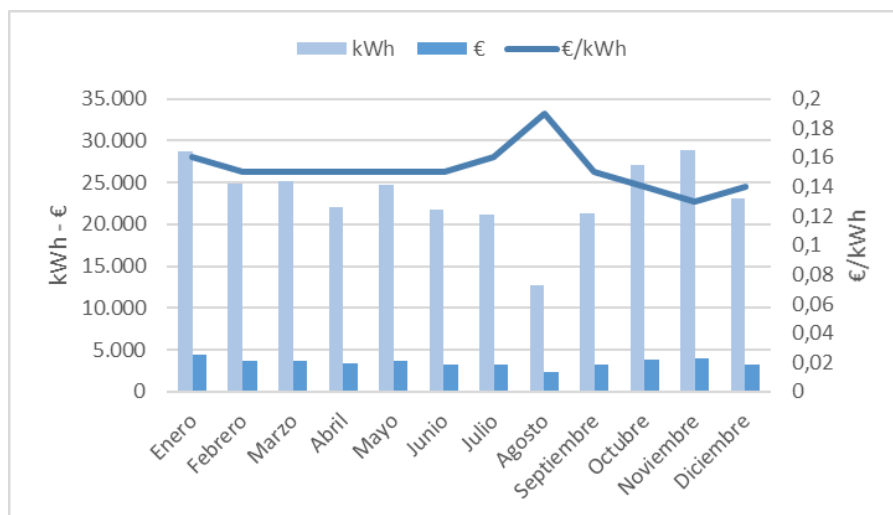


Figura 2. Evolución consumo 2019.

Hasta aquí se observa que los consumos durante los dos últimos años mostrados han sido en su medida normales, con variaciones no muy significativas; se puede ver también que, aunque no es mucha la diferencia, la energía aumenta su precio.

	kWh	€	€/kWh
<b>Enero</b>	28.807,00	3.890,71	0,14
<b>Febrero</b>	24.144,00	3.208,24	0,13
<b>Marzo</b>	18.916,00	2.452,27	0,13
<b>Abril</b>	14.019,00	1.709,91	0,12
<b>Mayo</b>	16.071,00	1.905,28	0,12
<b>Junio</b>	16.205,00	2.046,80	0,13
<b>Julio</b>	18.185,00	2.280,98	0,13
<b>Agosto</b>	15.948,00	2.088,81	0,13
<b>Septiembre</b>	25.977,00	3.020,89	0,12
<b>Octubre</b>	31.127,00	3.857,78	0,12
<b>Noviembre</b>	32.320,00	4.287,22	0,13
<b>Diciembre</b>	88.271,00	4.116,24	0,05

Tabla 3. Consumo energético en 2020 [1].

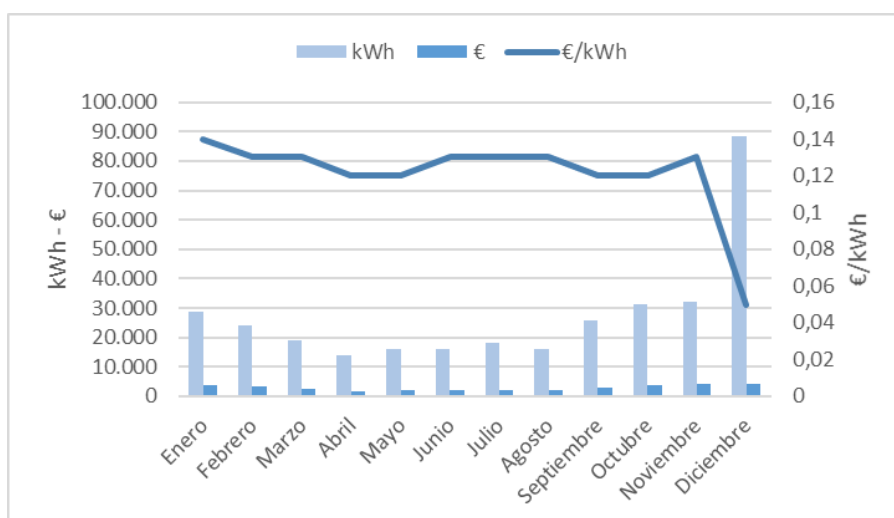


Figura 3. Evolución consumo 2020.

Este año tiene la peculiaridad en el mes de diciembre, aquí se observa un gran aumento en la electricidad consumida, aumentando casi en cuatro la media demandada el resto del año. Si nos fijamos en el precio, también disminuye drásticamente durante este mes. Sin olvidarnos que, durante los meses de confinamiento, los valores de consumo fueron mínimos.

	kWh	€	€/kWh
<b>Enero</b>	31.650,00	4.472,81	0,14
<b>Febrero</b>	29.566,00	2.828,38	0,09
<b>Marzo</b>	31.557,00	3.976,82	0,12
<b>Abril</b>	29.186,00	4.499,54	0,15
<b>Mayo</b>	25.111,00	2.876,03	0,15
<b>Junio</b>	20.487,00	3.575,62	0,17
<b>Julio</b>	17.494,00	3.811,79	0,21
<b>Agosto</b>	13.156,00	2.975,90	0,22
<b>Septiembre</b>	31.650,00	4.472,81	0,14
<b>Octubre</b>			
<b>Noviembre</b>	SIN DATOS		
<b>Diciembre</b>			

Tabla 4. Consumo energético de 2021 [1].

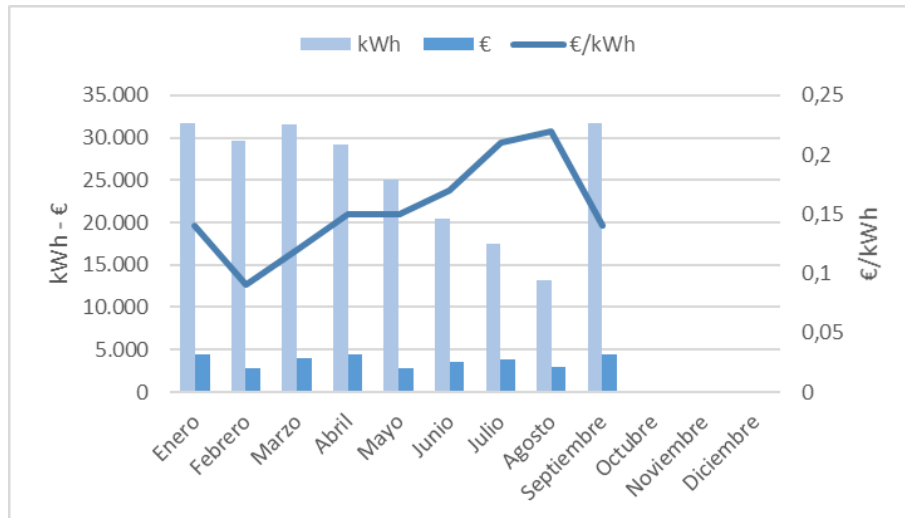


Figura 4. Evolución consumo 2021.

De este último año, únicamente se tienen datos hasta el mes de septiembre. Durante este periodo se ha podido observar que tanto el consumo como el precio de la electricidad han variado mucho a lo largo de los meses. Y aunque algunos valores han aumentado respecto a los años anteriores, este aumento no ha sido tan significativo. Por el contrario, el precio de la electricidad sí se ha elevado respecto a años anteriores.

Haremos un pequeño inciso para mostrar la evolución de los distintos parámetros mostrados en este apartado a lo largo de los históricos.

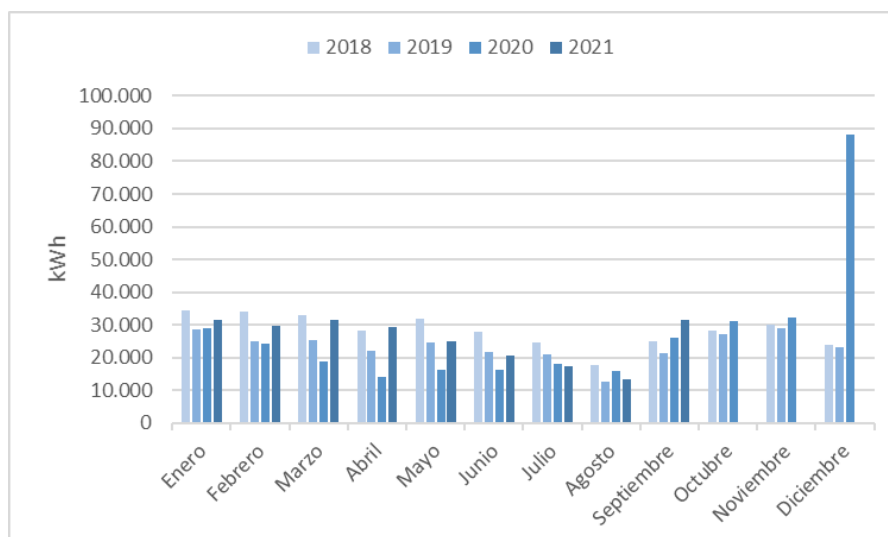


Figura 5. Evolución del consumo por meses durante cuatro años.

Año	2018	2019	2020	2021
kWh	338.874,00	281.513,00	329.990,00	229.857,00
€/mes	3.847,24	3.495,87	2.905,43	3.752,11

Tabla 5. Evolución anual de consumo y gasto [1].

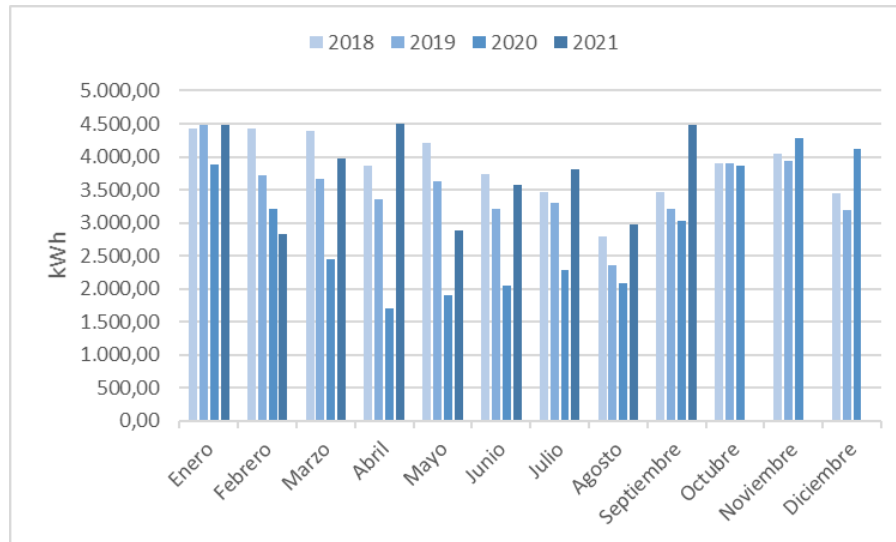


Figura 6. Evolución de la factura por meses durante cuatro años.

## ANEXO II

### Horarios de uso y ocupación

El horario de apertura de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel es de lunes a viernes, de 08:00 a 21:30. En este apartado se analizará la ocupación de algunas de las zonas más concurridas y se determinará donde se produce mayormente el consumo [2], en este apartado nos centraremos en las luminarias y aparatos de trabajo, tales como ordenadores, generadores de señal, osciloscopios... también veremos las tomas de corriente y su utilización.

Empezaremos con la biblioteca, esta abre de forma ininterrumpida a la vez que el centro, no hay duda de que es una de las zonas que con mayor demanda de toda la Politécnica debido a su gran afluencia, con sesenta y cinco (65) horas a la semana. Cuenta con treinta y ocho (38) luminarias que están siempre encendidas, así como con dos (2) sistemas de aire acondicionado para los meses más calurosos y calefacción. En su totalidad hay ciento sesenta (160) tomas de corriente que, en periodos de máxima ocupación, se pueden estar utilizando simultáneamente el 75% de estas. Cabe decir que la biblioteca en sí no dispone de ordenadores, pero sí de una sala informática, en esta podemos encontrar nueve (9) ordenadores; en esta planta también tenemos tres (3) ordenadores más que están constantemente encendidos, en la recepción de la biblioteca y en conserjería, así pues, obtenemos un total de doce (12) ordenadores.

Continuaremos con los laboratorios de informática, en concreto con informática 1. De las sesenta y cinco (65) horas a la semana que está disponible este laboratorio, tiene una ocupación de treinta y cuatro (34) horas a la semana durante el primer cuatrimestre y de dieciséis (16) horas a la semana durante el segundo cuatrimestre, lo que hace una media de veinticinco (25) horas a la semana durante todo el periodo lectivo. Este laboratorio cuenta con quince (15) luminarias, así como un (1) proyector y diecinueve (19) ordenadores de mesa que, en su mayoría, están encendidos durante las distintas clases. También cuenta con un (1) sistema de aire acondicionado propio y, en su totalidad, hay cincuenta y siete (57) tomas de corriente, de las cuales el 70% están en constante uso, las restantes son para materiales complementarios.

La ocupación de informática 2 durante el primer cuatrimestre es casi nula, durante



el segundo cuatrimestre se utilizó únicamente durante cinco (5) horas a la semana, lo que nos da una media de utilización de tres (3) horas. Esto se debe a que es el laboratorio de informática más pequeño. Aquí encontraremos seis (6) luminarias, un (1) proyector y un (1) ordenador, así como cuarenta y siete (47) tomas de corriente de las cuales se utilizan menos del 10%.

Seguiremos con el laboratorio de informática más grande de la Politécnica, informática 3. Durante el primer cuatrimestre tuvo una ocupación de veintiocho (28) horas de media, exactamente la misma cantidad que se dio en durante el segundo periodo lectivo. Como es de esperar, este cuenta con un mayor número de luminarias y de ordenadores, quince (15) y veintinueve (29), respectivamente. El número de tomas de corriente se eleva a noventa y tres (93), también se encuentran dos (2) aparatos de aire acondicionado y un (1) proyector.

Ahora pasaremos a los laboratorios de electrónica. Para empezar, electrónica 1 cuenta con quince (15) luminarias, un (1) proyector y doce (12) ordenadores; también hay veinticinco (25) tomas de corriente fijas y noventa y seis (96) tomas de corriente que se pueden poner en funcionamiento o suspender mediante un interruptor, lo que nos da un total de ciento veintiuna (121) tomas de corriente. Sin olvidarnos de los osciloscopios, los generadores de señales y las fuentes de alimentación, que son diez (10) de cada uno.

Para finalizar, en electrónica 2 nos encontramos con quince (15) luminarias, un (1) proyector y once (11) ordenadores; también hay ochenta y cinco (85) tomas de corriente, todas ellas fijas.

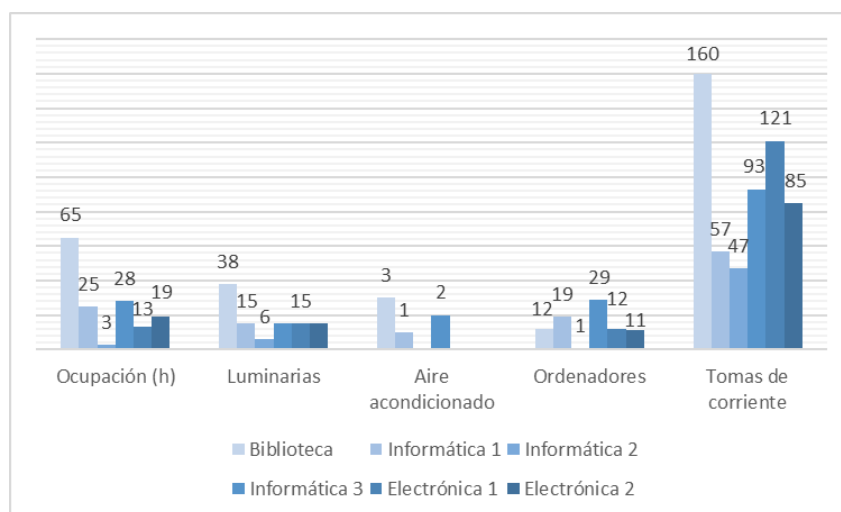


Figura 7. Representación visual de los datos.

## ANEXO III

### Climatología

En este apartado situaremos geográficamente la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel para ver sus condiciones climatológicas y cómo pueden afectar al consumo energético. El centro se encuentra en el barrio de San León, concretamente en la calle Atarazana, perteneciendo al Campus de Teruel de la Universidad de Zaragoza.



*Figura 8. Localización del centro [3].*

Dada la cercanía del centro a la estación meteorológica más próxima, obtendremos los datos del último año natural de esta, tanto de temperaturas máximas y mínimas como de las horas de sol, que nos ayudará a entender un poco acerca de la instalación de placas fotovoltaicas en la escuela.

En la figura 15 se puede ver la evolución de la temperatura a lo largo de 2021. Como es habitual, durante los meses más fríos es necesario accionar el sistema de calefacción, así como mantener ventanas y puertas exteriores cerradas, cosa que no fue posible debido a la pandemia dado que requería una constante ventilación en todas las zonas del centro, haciendo poco efectivo y eficiente este sistema. Por el contrario, durante los pocos meses de calor donde la escuela está abierta, tanto la ventilación como el sistema de aire acondicionado fueron efectivos para la refrigeración y ventilación del entorno. Cabe destacar como curiosidad el día 12 de enero, donde la borrasca Filomena nos dejó con una temperatura mínima registrada de  $-21^{\circ}\text{C}$  en la capital turolense, llegando a

alcanzar  $-29,9^{\circ}\text{C}$  en la localidad de Royuela, y una temperatura máxima de  $-2,2^{\circ}\text{C}$ .

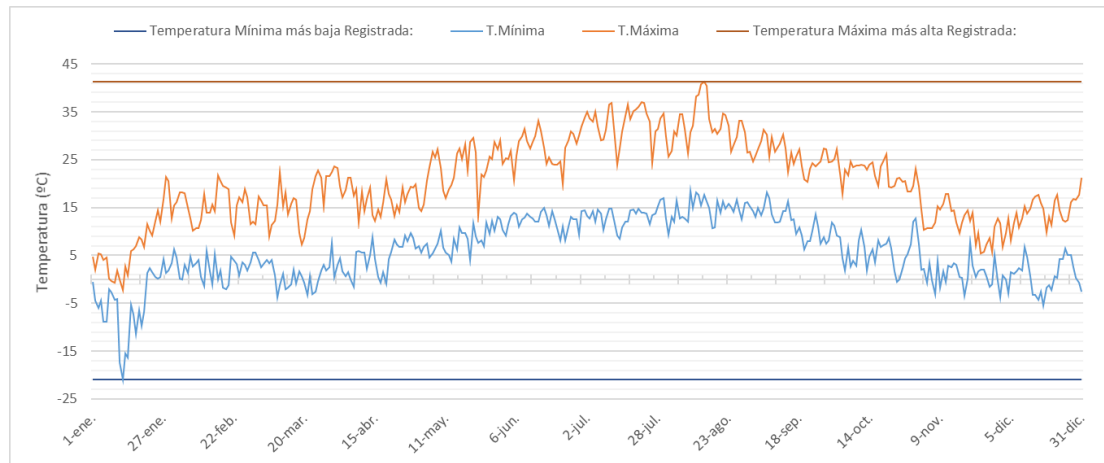


Figura 9. Evolución de la temperatura durante 2021 [4].

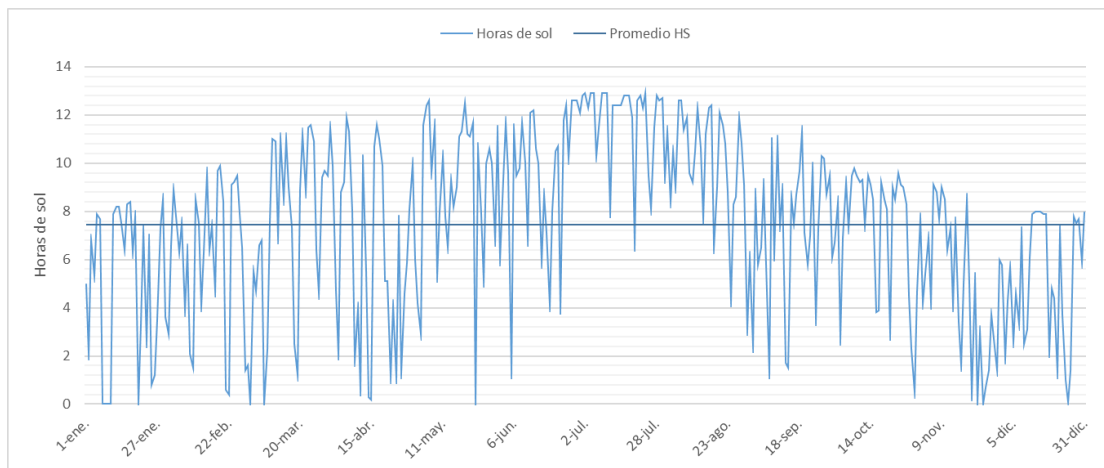


Figura 10. Horas de sol durante 2021 [4].

## ANEXO IV

### Índice de sostenibilidad

En este caso el índice de sostenibilidad se medirá a través de la plataforma GreenMetric, esta es una iniciativa de la Universidad de Indonesia que se encarga de establecer un ranking mundial de Universidades en el campo de la sostenibilidad, reduciendo la huella de carbono. Esta iniciativa fue puesta en marcha en 2010 y a día de hoy ya cuenta con la participación de novecientas cincuenta y seis (956) Universidades. Los criterios de calificación han ido cambiando desde entonces debido al ingreso de nuevas Universidades; estos se basan dependiendo del tamaño de la Universidad y de su perfil de zonificación. Luego, se valora el grado de zonas verdes dentro del campus universitario; así como su consumo de electricidad, medios de transporte ecológico, uso del agua, gestión de residuos, su entorno e infraestructura, uso de energía y cambio climático; también se valoran los métodos de educación e investigación. Teniendo en cuenta estos indicadores, a su vez se valora el nivel de responsabilidad respecto a los problemas de sostenibilidad, soluciones frente a los problemas mediante políticas, acciones y comunicación [5].

Categoría	Porcentaje (%)
<b>Superficie e infraestructura</b>	15
<b>Energía y cambio climático</b>	21
<b>Residuos</b>	18
<b>Agua</b>	10
<b>Transporte</b>	18
<b>Educación</b>	18
<b>Total</b>	<b>100</b>

*Tabla 6. Porcentajes en categorías GreenMetric [6].*

Actualmente, la Universidad de Zaragoza se encuentra en el puesto 402 del ranking mundial de Universidades sostenibles, en el puesto 122 en el ranking europeo y, por último, en el puesto 22 de un total de 28 Universidades españolas. Comparando los datos obtenidos en 2021 con el año anterior se puede ver una notable mejoría, pero esta sigue siendo poco satisfactoria e insuficiente, por eso la Universidad de Zaragoza

continúa trabajando en el cambio a una mejor eficiencia energética optando por planes de actuación, extensión de zonas de verdes... A continuación, se presentará una tabla con el último informe realizado por la Oficina Verde de la Universidad de Zaragoza en el que se muestran las distintas puntuaciones obtenidas reflejando su máximo y su porcentaje:

Categoría	Puntuación	Porcentaje
<b>Superficie e infraestructura</b>	650/1500	43,33%
<b>Energía y cambio climático</b>	1050/2100	50,00%
<b>Residuos</b>	975/1800	54,17%
<b>Agua</b>	500/1000	50,00%
<b>Transporte</b>	1175/1800	65,28%
<b>Educación</b>	1650/1800	91,67%
<b>Total</b>	<b>5575/10000</b>	<b>60,00%</b>

Tabla 7. Puntuación obtenida por la Universidad de Zaragoza en 2021 [6].

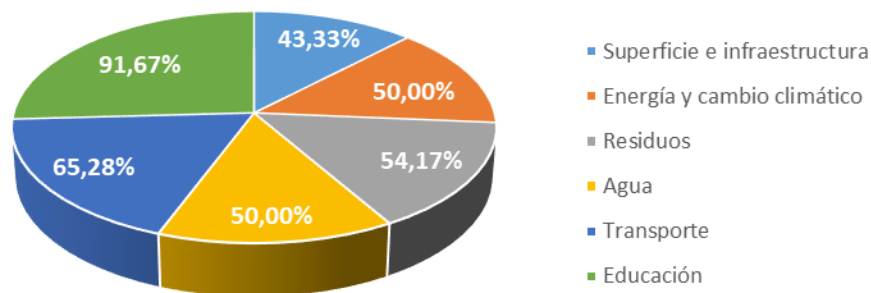


Figura 11. Distribución porcentual de la puntuación obtenida [6].

Esta plataforma también cuenta con el “Trees Rating” que consiste en hacer una auditoría integral para evaluar el desempeño de la Universidad en materia de sostenibilidad. Lamentablemente la Universidad de Zaragoza no cuenta con este estudio de la plataforma GreenMetric.

A pesar de que los resultados no son del todo satisfactorios, desde que se participa en esta plataforma, la Universidad ha conseguido mejorar notablemente año tras año.

## ANEXO V

### Materiales de trabajo

#### Apartado 1. Cámara termográfica

Se trata de una cámara termográfica infrarroja de alto rendimiento. Nos es útil en entornos donde es preciso distinguir entre pequeños rangos de temperatura, lo cual la hace especialmente adecuada en instalaciones eléctricas, gracias a las altas resistencias de contacto y al calor resultante podemos encontrar fácilmente puntos fríos, pérdidas de calor o cualquier mínima desviación de temperatura que queramos observar.



*Figura 12. Cámara termográfica.*

Cuenta con una cámara en tiempo real integrada, así como el propio sensor de imagen térmica infrarroja, esto nos permite hacer una superposición de imágenes entre la cámara integrada y el sensor para localizar fácilmente el problema. Así mismo, cuenta con un almacenamiento interno de 3GB, pudiendo guardar las imágenes que aparecen en el monitor, con hora y fecha, en la memoria interna del dispositivo. Estas imágenes se quedarán almacenadas en el dispositivo si no decidimos borrarlas, teniendo la posibilidad de transferirlas a un ordenador para su posterior procesamiento.



Figura 13. Componentes principales de la cámara [7].

Además del sensor infrarrojo y la cámara, cuenta con una luz led que se podrá utilizar siempre que sea necesario; también tiene cinco paletas de diferentes colores para imágenes térmicas, cinco modos de fusión entre fotos e imágenes térmicas y un menú gráfico de navegación. La imagen térmica de infrarrojos tiene una resolución térmica de 220 x 160 (35200 píxeles), con la posibilidad de visualizar valores máximos y mínimos en un rango de temperatura de -20°C a 300°C.

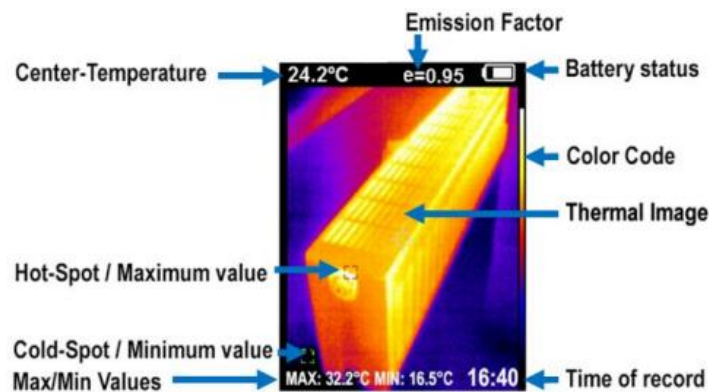


Figura 14. Visualización de la pantalla de la cámara [7].

La paleta de colores en "escala de grises" proporciona tonos lineales equilibrados de gradientes de temperatura y, por tanto, puede ayudar a mostrar todos los detalles.



La paleta de colores de "contraste" puede enfatizar más el color mostrado, esta se ajusta a la situación de contraste caliente-frío y utiliza para mejorar el contraste de color de alta y baja temperatura. Las paletas de color "Rojo hierro" y "Arco iris" ofrecen un gradiente de color de contraste mixto.

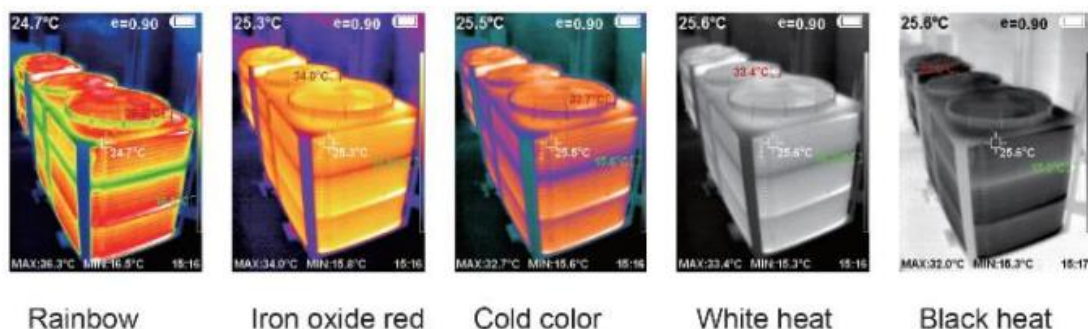


Figura 15. Paleta de colores de la cámara [7].

Al superponer una imagen real con la imagen infrarroja facilitaremos la comprensión de la imagen infrarroja. A continuación, se puede ver un ejemplo de esto.



Figura 16. Superposición de imágenes [7].

Otra de las ventajas de este dispositivo es que podemos ajustar el factor de emisión de un objeto, esto influye notablemente en el resultado de la medición, puede ajustarse de 0,01 a 1,00. Muchos objetos (como la madera, el agua, la piel y los textiles) tienen superficie mate y alta radiación infrarroja, por lo que el factor de emisión se ajusta a **0,95**. Para los objetos semimates la emisión es menor, aproximadamente **0,85**; la de los objetos semibrillantes es aún menor, aproximadamente **0,6**. Los objetos brillantes tienen la menor radiación infrarroja y, por tanto, indican una lectura errónea si el ajuste de la emisión es erróneo. Normalmente, la radiación infrarroja en superficies brillantes es de aproximadamente **0,3** [7].

Los factores de emisión desviados pueden cambiarse antes de cada medición en el menú y tomados de la siguiente tabla:



Material	Radiación térmica	Material	Radiación térmica
Asfalto	0,90~0,98	Tela negra	0,98
Hormigón	0,94	Piel humana	0,98
Cemento	0,96	Espuma	0,75~0,80
Arena	0,90	Polvo de carbón	0,96
Tierra	0,92~0,96	Pintura	0,80~0,95
Agua	0,92~0,96	Pintura mate	0,97
Hielo	0,96~0,98	Caucho negro	0,94
Nieve	0,83	Plástico	0,85~0,95
Cristal	0,90~0,95	Madera	0,90
Cerámica	0,90~0,94	Papel	0,70~0,94
Mármol	0,94	Trióxido de cromo	0,81
Yeso	0,80~0,90	Óxido de cobre	0,78
Mortero	0,89~0,91	Óxido férrico	0,78~0,82
Ladrillo	0,93~0,96	Tela	0,90

Tabla 8. Distintos factores de emisión [7].

## Apartado 2. Analizador de redes estanco

En el presente proyecto también nos hemos servido de la ayuda de un analizador de redes que nos facilita la supervisión de los datos energéticos en tiempo real. Se sabe que aquellos edificios que interconectan dispositivos digitales de supervisión y control de la energía, alcanzan niveles de eficiencia energética mayores a aquellos no han dado el paso al Internet de las Cosas y a la tecnología escalable. Este dispositivo se conecta a la entrada de la red trifásica en la caja de protección y medida de la Politécnica. Cabe destacar que el transformador que suministra la red eléctrica a nuestro centro es compartido con la facultad de ciencias sociales, por lo que el analizador de redes que tenemos en dicho transformador no nos sería de gran ayuda, por esa razón se ha optado por la utilización del analizador de redes que se encuentra en nuestro centro.

Para llevar a cabo la lectura de los datos arrojados por el analizador de redes es necesario estar conectado a la VPN de la Universidad. El funcionamiento del analizador

es el siguiente; desde este se recoge la información procedente de la red trifásica y, mediante el puerto de comunicación de datos serie RS-485, llevamos dicha información a una pasarela llamada TCP2RS+ la cual trabaja mediante un modo de direccionamiento de IP fija, esta se encarga de convertir la señal RS-485 a Ethernet; desde aquí se envían los datos a través de Ethernet al servidor de almacenamiento de datos.



Figura 17. Funcionamiento general del analizador de redes [8].

Para acceder a este servidor basta con poner en el navegador la dirección IP, 155.210.68.157, del mismo y, siempre y cuando estemos conectados a la red de la Universidad, nos encontraremos con la interfaz de PowerStudio (PS). Esta es fácil e intuitiva, nos permite conocer el estado del dispositivo, si está inicializado o si ha tenido algún error en los históricos.



Figura 18. Interfaz de usuario de PS.

Una vez aquí, tendremos diferentes opciones de visualización de los datos almacenados; mediante gráficas, a modo de tabla o incluso en tiempo real. Así mismo, la cantidad de datos que monitoriza este dispositivo es muy grande, por ello se verán reflejados en las siguientes tablas, donde (III) hace referencia al valor promedio de las medidas.

### Voltaje

Voltaje L1	Voltaje L2	Voltaje L3
Voltaje L12	Voltaje L23	Voltaje L31
V. Mínimo L1	V. Mínimo L2	V. Mínimo L3
V. Mínimo L12	V. Mínimo L23	V. Mínimo L31
V. Máximo L1	V. Máximo L2	V. Máximo L3
V. Máximo L12	V. Máximo L23	V. Máximo L31

Tabla 9. Voltajes reflejados en PS.

### Corriente

Corriente L1	Corriente L2	Corriente L3
Corriente III	C. Mínima III	C. Máxima III
C. Mínima L1	C. Mínima L2	C. Mínima L3
Corriente neutro	C. N. Mínima	C. N. Máxima
C. Máxima L1	C. Máxima L2	C. Máxima L3

Tabla 10. Corrientes reflejadas en PS.

### Potencia activa

Potencia activa L1	Potencia activa L2	Potencia activa L3
P. A. Máxima L1	P. A. Máxima L2	P. A. Máxima L3
Potencia activa III	P. A. Máxima III	Demanda

Tabla 11. Potencia activa reflejada en PS.

### Potencia reactiva

Potencia reactiva L1	Potencia reactiva L2	Potencia reactiva L3
P. R. Máxima L1	P. R. Máxima L2	P. R. Máxima L3
Potencia reactiva III	P. R. Máxima III	

Tabla 12. Potencia reactiva reflejada en PS.

La potencia reactiva no produce trabajo útil por lo que se debe intentar neutralizar o compensar, en esta potencia se incluye la potencia reactiva inductiva, que se asocia a cargas que poseen bobinados donde se crean campos magnéticos, y la potencia reactiva capacitiva, que proviene de los campos eléctricos como condensadores. Las penalizaciones por parte de las compañías eléctricas se producirán en caso de exceder la potencia reactiva capacitiva. También es necesario recordar que cuando se habla de factor de potencia inductivo, la corriente viene retrasada respecto a la tensión, mientras que, si es de carácter capacitivo, la corriente vendrá adelantada a la tensión.

### Potencia aparente

Potencia aparente L1	Potencia aparente L2	Potencia aparente L3
P. Ap. Máxima L1	P. Ap. Máxima L2	P. Ap. Máxima L3
Potencia aparente III	P. Ap. Máxima III	

Tabla 13. Potencia aparente reflejada en PS.

Unos de los parámetros de los que podemos obtener información gracias al analizador de redes son los armónicos. Estos pueden ser de tensión o corriente y son componentes de frecuencia múltiple de la frecuencia fundamental. Mediante el analizador de redes podremos ver directamente la distorsión armónica total (THD), parámetro que indica cuánta distorsión está siendo causada por los armónicos en la señal. Sabemos pues que la tensión fundamental pura no tiene armónicos, por lo que la distorsión armónica es nula, entonces una señal de tensión o corriente periódica distorsionada estará formada por una componente fundamental y otras de mayor frecuencia, llamadas armónicos. Se puede distinguir entre distorsión armónica total de tensión (THDU) o distorsión armónica total de corriente (THDI).

### Distorsión armónica total

THDI L1	THDI L2	THDI L3
THDU L1	THDU L2	THDU L3
THDI Máx. L1	THDI Máx. L2	THDI Máx. L3
THDU Máx. L1	THDU Máx. L2	THDU Máx. L3

Tabla 14. Distorsión armónica total reflejada en PS.

Además de los ya mencionados parámetros, también tenemos la posibilidad de consultar la frecuencia de red y la temperatura del sistema; así como el factor de potencia y el coseno de phi, que se definen como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

### Coseno Phi

Cos Phi III	Máx Cos Phi III	Mín. Cos Phi III
-------------	-----------------	------------------

### Factor de Potencia

P.F. L1	P.F. L2	P.F. L3
---------	---------	---------

P.F. III

### Temperatura

### Frecuencia

Tabla 15. Otros parámetros reflejados en PS.

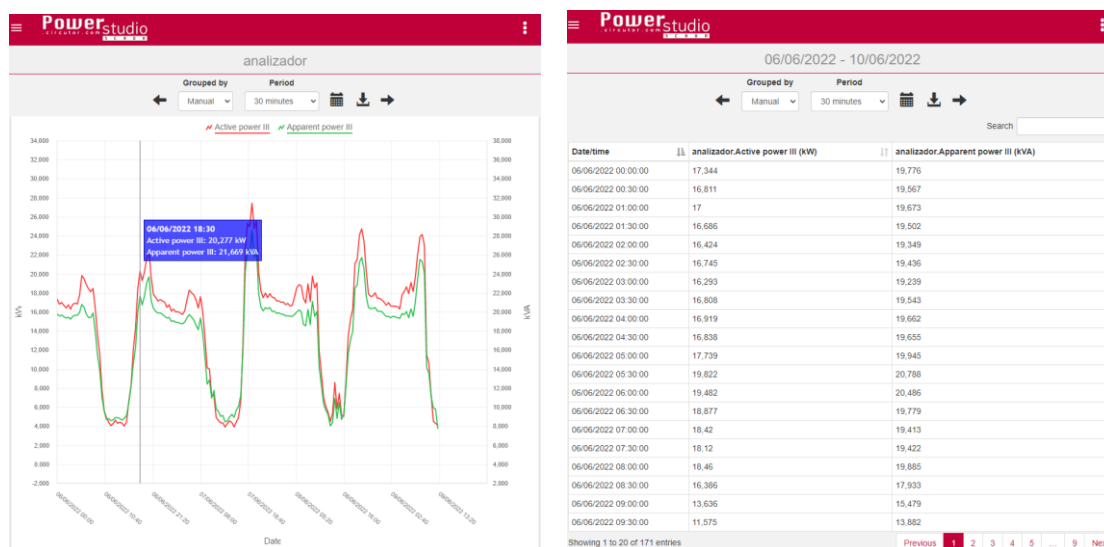


Figura 19. Ejemplo de gráfica y tabla de datos en PS.

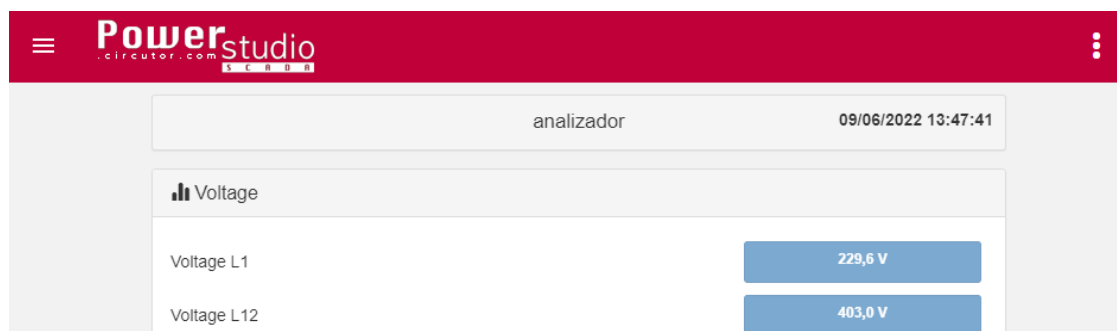


Figura 20. Ejemplo datos en tiempo real en PS.

Para finalizar, en las figuras anteriores se han enseñado a modo de ejemplo el modo gráfico en que este programa nos presenta los datos, así como el formato tabla y en tiempo real.

### Apartado 3. Analizador de redes portátil

La función de este analizador es la misma que el comentado anteriormente. Este cuenta con la ventaja de ser portátil, pudiendo ser puesto en marcha en cualquier instalación eléctrica siempre que sea necesario.



*Figura 21. Analizador de redes portátil AR5.*

Se trata del analizador de redes AR5 de Circutor, el cual viene equipado con su propia fuente de alimentación que viene con dos entradas, en una un cable de conexión entre esta y el analizador de redes, y en la otra un cable de conexión entre esta y la red. También dispone de un cable de comunicación RS-232 para permitirnos compartir y analizar los datos obtenidos, será necesario un adaptador RS-232 a USB para poder enviar estos datos a cualquier ordenador. Para la medición de los distintos parámetros contamos con 4 cables para medir el voltaje y con 5 pinzas amperimétricas para medir la corriente, de estas últimas disponemos de tres tipos:

**Pinzas amperimétricas**

**Rango de medida**

<b>3x CPR-1000</b>	de 5 a 1000A a.c.
<b>1x CP-100</b>	de 0,5 a 100A a.c.
<b>1x CP-5</b>	de 25mA a 5A a.c.

*Tabla 16. Tipos de pinzas amperimétricas.*

Se recomienda utilizar las pinzas amperimétricas teniendo en cuenta su rango de medida, siendo su valor máximo el más cercano al valor que queramos medir. Esto nos proporcionará unos datos más precisos y fiables. A continuación, veremos los elementos auxiliares nombrados.



Pinzas amperimétricas

Cables cocodrilo para voltaje



*Figura 22. Elementos auxiliares del AR5.*

El analizador en sí cuenta con varias ranuras de entrada para llevar a cabo las mediciones con los elementos auxiliares mencionados anteriormente, no confundir con el dispositivo AR5-L que viene en el manual. En la siguiente figura se muestran las distintas entradas del dispositivo que usaremos, el analizador de redes AR5.



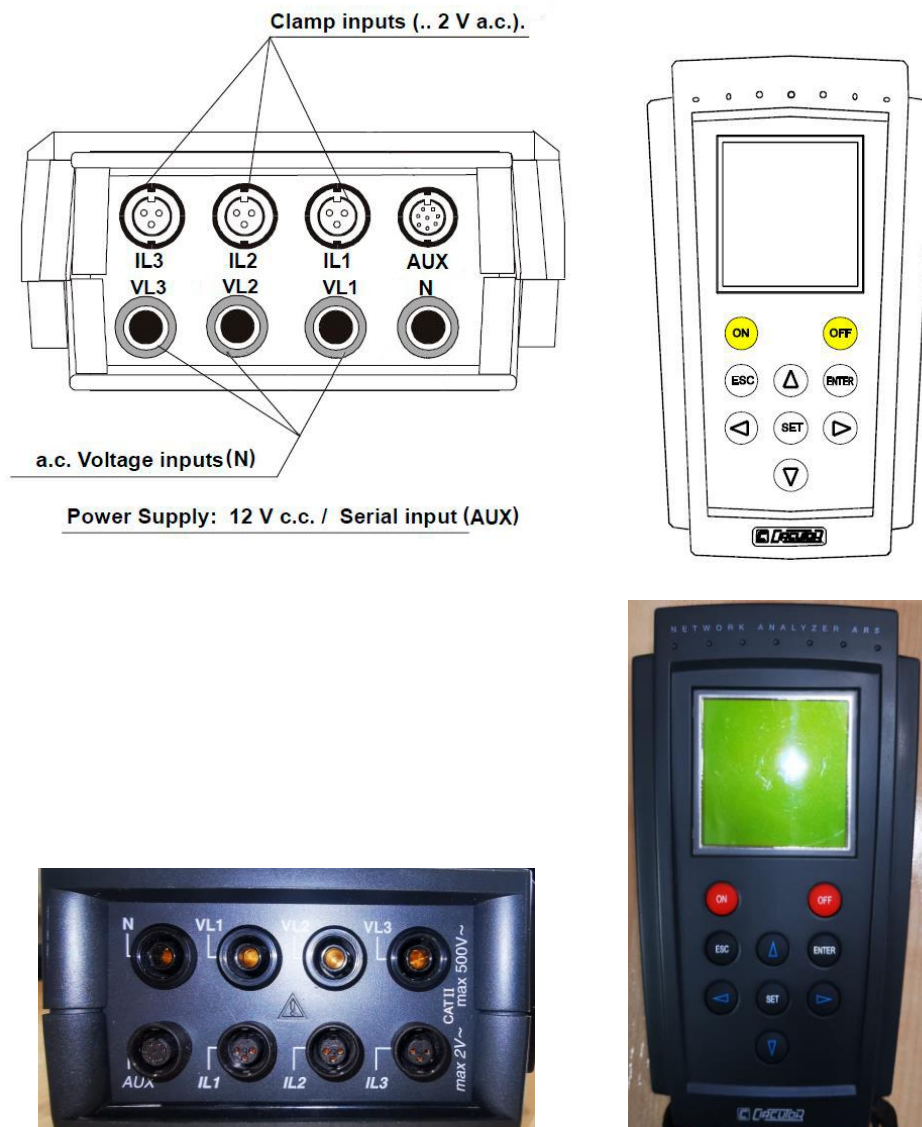


Figura 23. Conexiones de red en el analizador AR5.

Como se puede ver en la figura anterior, el analizador de redes dispone de 9 botones en el panel principal para configurar y controlar todas las opciones del dispositivo. Con ON se enciende el equipo, OFF tiene dos funciones, presionando rápidamente se encenderá o apagará la pantalla, si se mantiene presionado durante 5 segundos, el equipo se apagará por completo. Con las flechas nos moveremos entre las diferentes opciones que encontraremos pulsando SET, donde entraremos al menú. Presionando ENTER se valida una acción o se confirma algún parámetro de la pantalla de visualización. Por último, mediante ESC se seleccionan diferentes pantallas de visualización o se dará marcha atrás en una acción o pantalla.



El analizador de redes AR5 aparte de tener un pequeño tamaño y un bajo peso, nos garantiza una lectura fiable de los parámetros, entre estos nos da la opción de obtener las medidas de voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente; energía activa reactiva y aparente, factores de potencia, frecuencia de red y armónicos de tensión y de corriente. Así mismo nos permite ver los valores máximos, mínimos e instantáneos para cada una de las fases, siendo (III) el valor promedio de estas medidas.

#### Datos arrojados

Voltaje		Corriente	
Factor de potencia		Frecuencia de red	
Armónicos			
Tensión		Corriente	
Potencia/Energía			
Activa		Reactiva	Aparente

*Tabla 17. Datos aportados por el analizador de redes AR5.*

Todos estos datos pueden ser visualizados en tiempo real o almacenados en la memoria interna del dispositivo para posteriormente tratarlos mediante el software que Circutor nos proporciona. El único dato que no está disponible en la memoria interna del dispositivo es el  $\cos\phi$ , por lo que solo puede ser leído en pantalla en tiempo real.

Teniendo en cuenta que podemos manejar a nuestro antojo el periodo de muestreo, podremos elegir el tiempo entre cada muestra logrando, si precisa, una mayor precisión en la toma de datos; sabiendo que, a menor tiempo entre muestra y muestra, más datos serán guardados por lo que la memoria interna del dispositivo se verá rápidamente sin capacidad de guardar más datos.

A continuación, se verán los modos de conexión a la red de los que dispone este dispositivo.

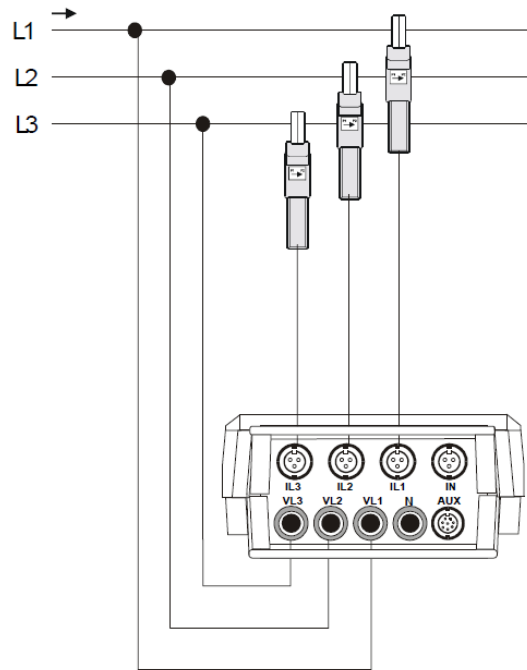


Figura 24. Diagrama de conexión para 3 fases en AR5 [9].

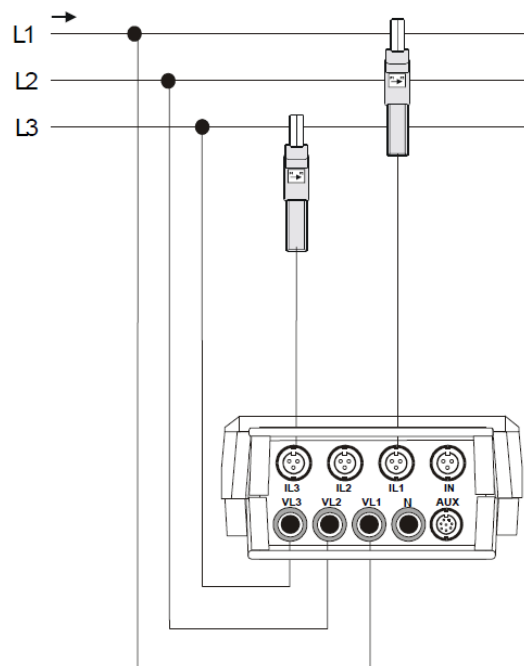


Figura 25. Diagrama de conexión para tres fases (ARON) en AR5 [9].

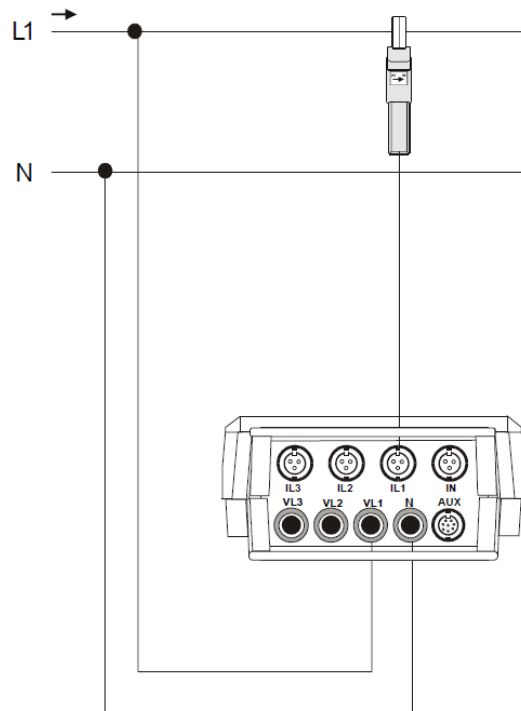


Figura 26. Diagrama de conexión para una sola fase en AR5 [9].

La configuración de este instrumento es bastante intuitiva. Tras haberlo encendido, se presiona la tecla SET donde se mostrará por pantalla el menú principal con los distintos parámetros a configurar, pero no podremos acceder a estos sin haber puesto una contraseña de seguridad que consiste presionar una pequeña secuencia de teclas.

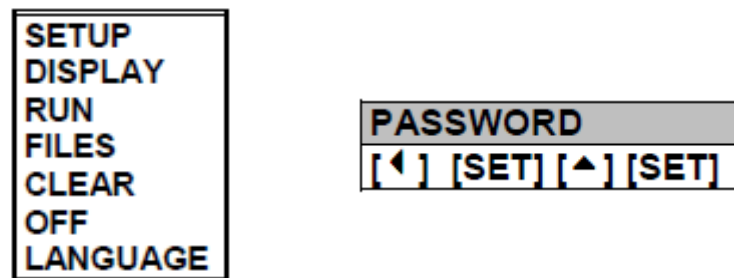


Figura 27. Menú principal y contraseña [9].

Ahora podremos acceder a un largo repertorio de ajustes del dispositivo, los cuales se verán reflejados en el manual de instrucciones del analizador [10].

Una vez puesto en marcha, será necesario activar la grabación de datos habiendo configurado previamente antes todos los parámetros. Al finalizar la toma de datos, se detendrá la grabación de datos en el dispositivo, entonces se irá desconectando los elementos auxiliares cuidadosamente de la red. Para poder consultar los datos cómodamente será necesaria la instalación de un software específico, en este caso se

trata de PowerStudio Plus. Simplemente conectando el analizador de redes al ordenador podremos importar todos los datos a este.

#### Apartado 4. Vatímetro digital

Se trata de un instrumento utilizado para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un dispositivo en vatios.



*Figura 28. Vatímetro digital.*

El funcionamiento de este es simple, cuenta con dos bobinas amperimétricas (fijas) conectadas en serie y con una bobina voltimétrica (móvil) conectada en paralelo; estas bobinas se encargan de medir la corriente y la tensión, respectivamente, de la señal recibida; con la circulación de corriente a través del dispositivo, se crea un campo electromagnético con una potencia proporcional a la corriente. Por otro lado, la bobina voltimétrica se encarga de minimizar la corriente que pasa a través de esta gracias a una resistencia, proporcionando la potencia del circuito.

Los vatímetros son instrumentos multifuncionales que nos pueden servir para varios fines como la medición de potencia de fases o como contador de energía activa. Para las mediciones de potencia podemos obtener los valores de la potencia activa, reactiva y aparente, el factor de potencia, el ángulo de fase o el integrador de energía activa.

En la presente memoria trabajaremos con el vatímetro digital DW-6060 de la marca REED. Este cuenta con una pantalla LCD de 0,5 pulgadas, con un ajuste

automático de AC/DC-DC/AC. Trabaja con una frecuencia de 45-65Hz con dos modos para medir la potencia: uno de 2.000 y otro de 6.000 vatios, con una resolución de 1 y 10 vatios, respectivamente; y, con una impedancia de entrada de  $1M\Omega$ , otros dos para medir el voltaje: uno de 200 y otro de 600 voltios, con una resolución de 0,1 y 1 voltio, respectivamente. Este dispositivo admite una corriente máxima de  $10^3$ . En la siguiente figura se mostrará la descripción del dispositivo.

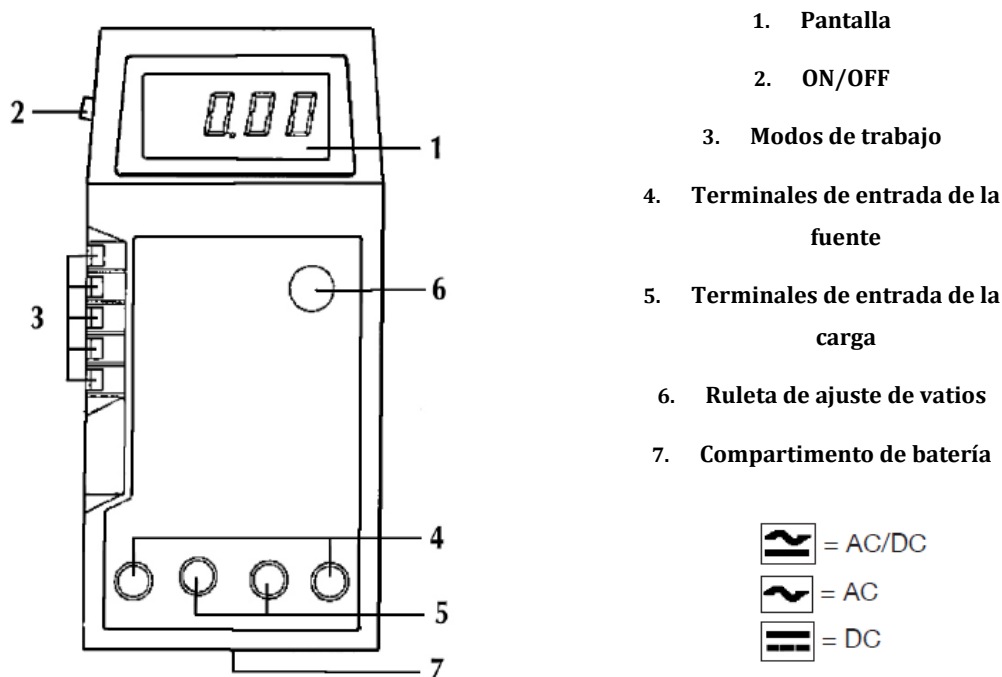


Tabla 18. Descripción del vatímetro.

## Apartado 5. Pinza amperimétrica

Se trata de un instrumento de medida eléctrica, que nos da la posibilidad de medir intensidades de corriente en conductores con carga sin necesidad de desconectar el circuito eléctrico. Se pueden medir intensidades desde 10mA hasta 300A con el circuito en funcionamiento y sin riesgo alguno para el usuario. En este caso trabajaremos con la pinza amperimétrica CLM-40DX presentada en la siguiente figura.



Figura 29. Pinza amperimétrica.

Esta funciona de tal forma que es capaz de obtener el flujo magnético generado por la corriente que pasa por el conductor que queremos medir. Haciendo un símil con un transformador, el primario viene a ser la corriente que circula por el cable, que mediante la inducción electromagnética se obtiene una intensidad proporcional del primario en el secundario, que vendría a ser la bobina conectada al instrumento de medida. En la siguiente figura se muestra detalladamente este proceso.

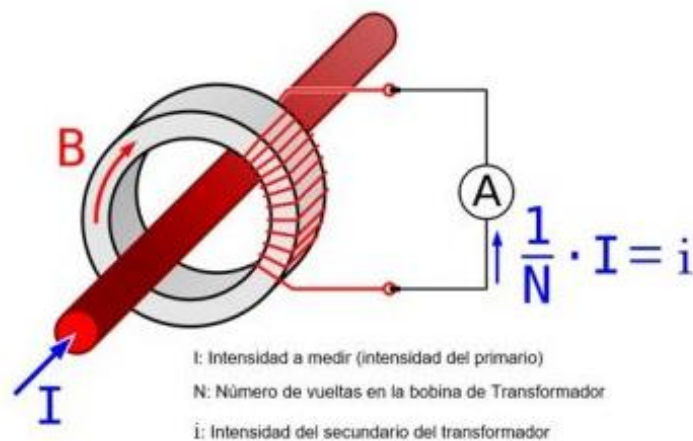
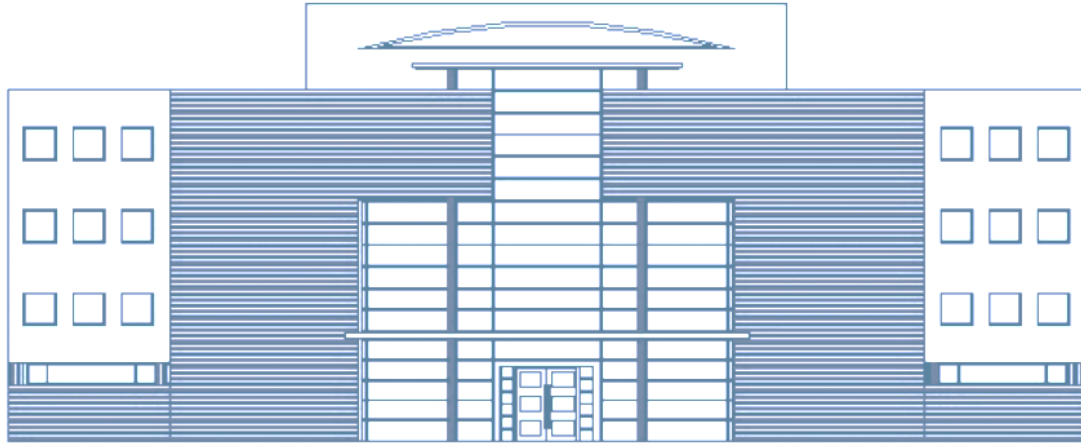


Figura 30. Funcionamiento gráfico de pinza amperimétrica.

## ANEXO VI

### Construcción



*Figura 31. Fachada principal de la EUP.*

La fachada principal del centro está constituida por ladrillo caravista rojo y carpintería en acero corten, en la que se distinguen grandes superficies acristaladas, acompañadas de elementos puntuales como lo son las losas de hormigón visto blanco.



*Figura 32. Fotografía de la fachada principal de la EUP.*



Figura 33. Fotografía lateral de la EUP.

Como ya se dijo anteriormente, en la planta sótano encontramos espacios destinados a las instalaciones de almacenamiento e instalaciones de servicios generales del edificio.

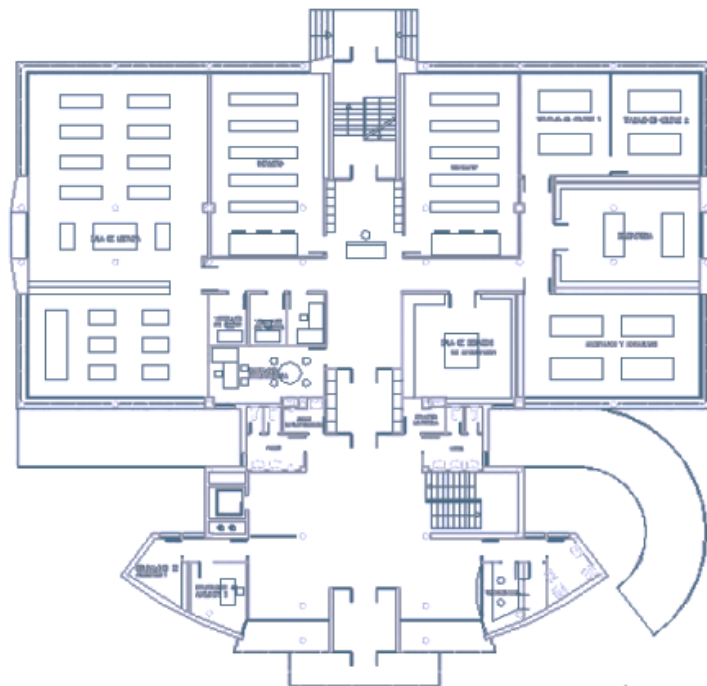
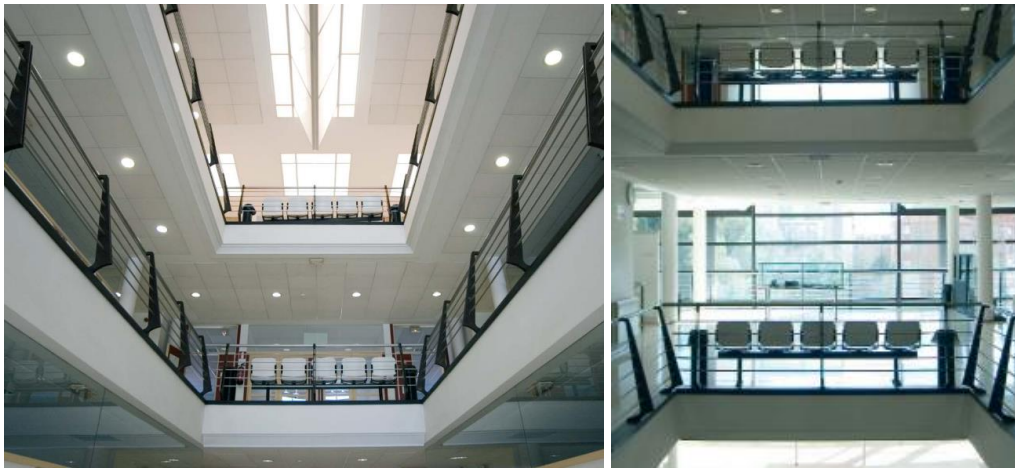


Figura 34. Planta sótano de la EUP [11].



Continuando por la planta principal, que da a la vía de acceso, encontraremos un amplio hall abierto que cuenta con el máximo aprovechamiento de luz solar, esta nos dará paso a diferentes estancias, una de ellas la biblioteca. En planta primera se sitúan los laboratorios y anexos vinculados a ellos, y en las plantas superiores aulas y despachos, quedando estos independizados a través de un espacio de acceso. La iluminación natural se produce gracias al lucernario central, que deja pasar la luz a modo de linterna, y al hueco central que se encuentra en cada uno de los halls de las plantas superiores.



*Figura 35. Lucernario central.*

Entre los materiales de interior se encuentra el pavimento en terrazo micrograno en tonos crudos, enlucidos en yeso y pintados al plástico, con falsos techos de escayolas registrables y con espacios acristalados que posibilitan la iluminación de recorridos interiores. Únicamente espacios determinados, como la conserjería o revestimientos de paredes, se han tratado específicamente con tablero fenólico de madera.



*Figura 36. Interiores de la EUPT.*

## ANEXO VII

### Analizador de redes estanco

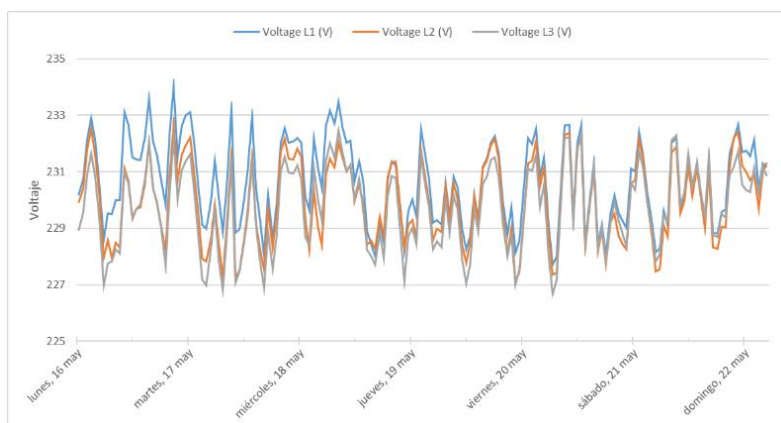
En este apartado se mostrarán los datos aportados por el analizador de redes estanco. Al ser un dispositivo de difícil manipulación debido a su integración con el resto de elementos del cuadro eléctrico principal, este ya está configurado desde hace tiempo por lo que esto no ha sido necesario para la presente memoria. Sí bien ha hecho falta realizar un reseteo y una liberación de espacio en el disco duro que almacenaba los datos, ya que estos dejaron de grabarse en algún momento debido a que la memoria de almacenamiento estaba llena.

Una vez realizado esto, basta con ingresar al navegador e introducir la IP del dispositivo, la cual se dirige directamente a PowerStudio, donde se ven reflejados todos los datos con una toma de datos cada cuarto de hora.

Para analizar los datos se ha elegido un periodo de tiempo de una semana, en el cual el horario lectivo sigue siendo el habitual y la ocupación de las distintas estancias, como la biblioteca, son moderadas-altas. Los datos de PowerStudio se ha tomado cada hora buscando ver un reflejo de estos de la forma más fiel posible sin llegar a saturar las gráficas. Estos datos han sido trasladados a Excel para un mejor manejo de ellos. Recordamos que para los apartados que viene a continuación, los datos que se aportan viene recogidos en las tablas del apartado 0 de la memoria.

### Apartado 1. Voltaje

Empezaremos analizando los datos arrojados de voltaje.



*Figura 37. Voltaje por fases.*

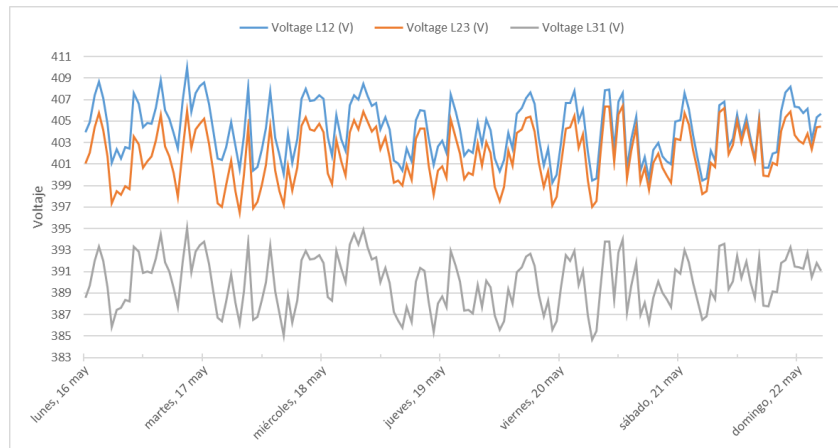


Figura 38. Voltaje fase-fase.

Se puede ver en las anteriores figuras que el voltaje en cada línea se mantiene en los márgenes, sin que ninguna de estas líneas cargue con más potencia que otra en la instalación eléctrica. Por el contrario, al analizar los voltajes fase-fase se puede observar que en las tensiones L12 y L23 el voltaje se mantiene en un promedio de 400V como es habitual, mientras que en la tensión L31, el voltaje disminuye a razón de varios voltios.

## Apartado 2. Potencia activa

En este apartado podremos ver realmente los consumos de la Politécnica. Los periodos de análisis serán de una semana y/o dos días.

Antes de empezar, haremos un pequeño inciso para situarnos en el tema de la potencia. Para aquellas máquinas que funcionan con corriente alterna, como transformadores como máquina estática o motores como máquina dinámica, puede existir estos tres tipos de potencias; la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente. Para explicar de forma matemática los tipos de potencia acudiremos al triángulo de potencias. En este encontraremos la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente, así como el factor de potencia, que viene a ser el coseno del ángulo que forman la potencia aparente y la activa.



Figura 39. Triángulo de potencias [12].

Este ángulo viene identificado con la letra griega teta ( $\theta$ ), y depende directamente de la potencia reactiva. Así pues, a mayor valor de la potencia reactiva, mayor será el ángulo de  $\theta$ ; por lo tanto, menor será el factor de potencia y menos eficiente será el sistema.

La potencia activa viene comúnmente representada con la letra P y se mide en vatios (W), la potencia aparente viene representada con la letra S y se mide en voltamperios (VA) y la potencia reactiva viene representada con la letra Q y se mide en voltamperios reactivos (var), dependiendo de si son inductivos (varL) o capacitivos (varC).

En definitiva, la potencia activa se traduce como la potencia útil, es decir, lo que realmente se aprovecha y es eficaz para realizar un trabajo satisfactoriamente. La potencia reactiva es aquella que consumen los motores y transformadores, así como todas aquellas máquinas que contienen bobinados y sean capaces de desarrollar un campo electromagnético. Entonces estas consumirán potencia activa y reactiva al mismo tiempo, siendo su eficiencia de trabajo determinada por el factor de potencia, que cuanto más bajo sea, mayor será la potencia reactiva consumida. Por último, la potencia aparente se podría definir como la potencia total del sistema, es decir, aquella que estamos tomando de la red eléctrica. siendo la suma de la potencia activa y de la potencia reactiva.

### Apartado 3. Distorsión armónica total

La distorsión armónica total (THD, Total Harmonic Distortion), es un parámetro que va directamente relacionado con los armónicos. Viene a ser la relación entre el valor eficaz de las componentes armónicas presentes en la instalación respecto a la componente fundamental.

Es importante identificar si nos referimos a distorsión en tensión (THDU) o en corriente (THDI). Por ejemplo, la ecuación que define la THDI será igual a la componente eficaz del residuo armónico respecto a una onda fundamental, multiplicado por 100; los mismo pasaría con la THDU. Así pues:

$$THDI(\%) = \frac{I_{res}}{I_1} * 100 = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^n I_n^2}}{I_1} * 100 = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} * 100$$

donde,

$$I_1 = \text{Corriente fundamental}$$

$$I_{res} = \text{Corriente residual}$$

*Ecuación 1. Tasa de distorsión armónica en corriente.*

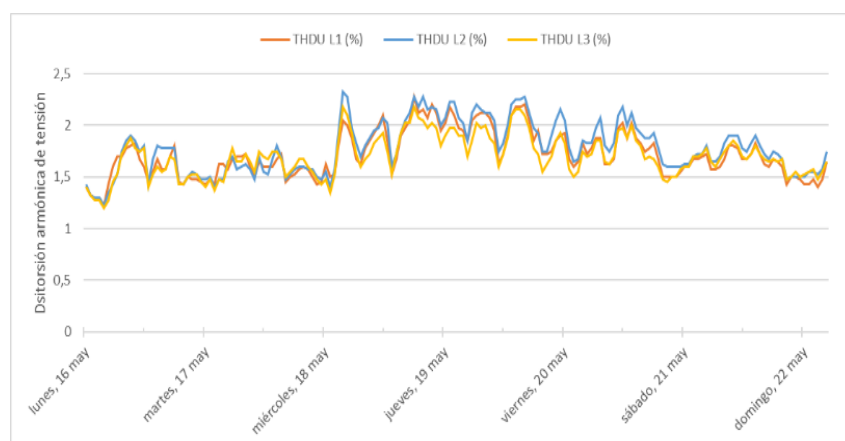
También tener en cuenta que es relevante saber sobre qué valores de tensión o corriente estamos obteniendo esta tasa de distorsión armónica total. En la siguiente tabla se puede ver que los valores de distorsión armónica total, tanto de tensión como de corriente, no son muy elevados. Estos datos se han obtenido haciendo un promedio de los resultados de un periodo de 7 siete días. No se descartan picos en horas puntuales.

**Promedio THD (%)**

Línea	L1	L2	L3
<b>Tensión</b>	1,720	1,779	1,699
<b>Corriente</b>	25,394	28,289	22,384

*Tabla 19. Valores promedio de THD.*

Debido a los circuitos electrónicos que se alimentan de corriente que no es sinusoidal pura, como lo son los motores que utilizan variador de frecuencia o el uso habitual de convertidores electrónicos que se ve en cargas habituales como ordenadores, ascensores, alumbrado LED... hay que alimentar un gran número de cargas que rectifican la corriente, por lo que esta resulta alterada dejando de ser una onda sinusoidal y pasando a formar una superposición de ondas sinusoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red.



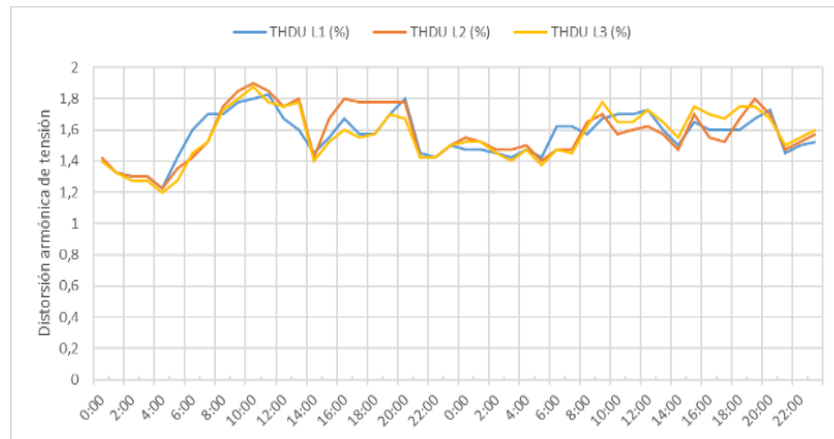


Figura 40. Distorsión armónica en tensión.

La consecuencia de los consumos no sinusoidales es que la tensión también sufre algo de distorsión debido a las caídas de tensión en las impedancias de línea, esta distorsión es mucho menor que la que ocurre en la corriente. Entonces en la anterior figura se pueden ver las distorsiones armónicas en tensión durante un periodo de 7 días. Como se dijo previamente estas distorsiones normalmente son bajas y su límite de emisión está regulado por normas internacionales de compatibilidad electromagnética como la IEC-61000, pero en ningún caso se superan los límites.



Figura 41. Distorsión armónica en corriente.

Al contrario que la distorsión armónica en tensión, en la anterior figura podemos ver que en la distorsión armónica en corriente los niveles son mucho más elevados. La línea L3 tiene una menor tasa durante el periodo de muestreo que las demás líneas. Del mismo modo, la línea L2 es la que presenta una mayor tasa de distorsión armónica durante la mayor parte del tiempo. Se aprecian picos que superan el 100% de distorsión armónica, algo que es preocupante. Como cabe esperar, los periodos en los que más se da este fenómeno son en los que el centro tiene abiertas sus puertas al público.

A continuación, se mostrarán las distorsiones armónicas por fases, mostrando los valores máximos alcanzados durante esos periodos.

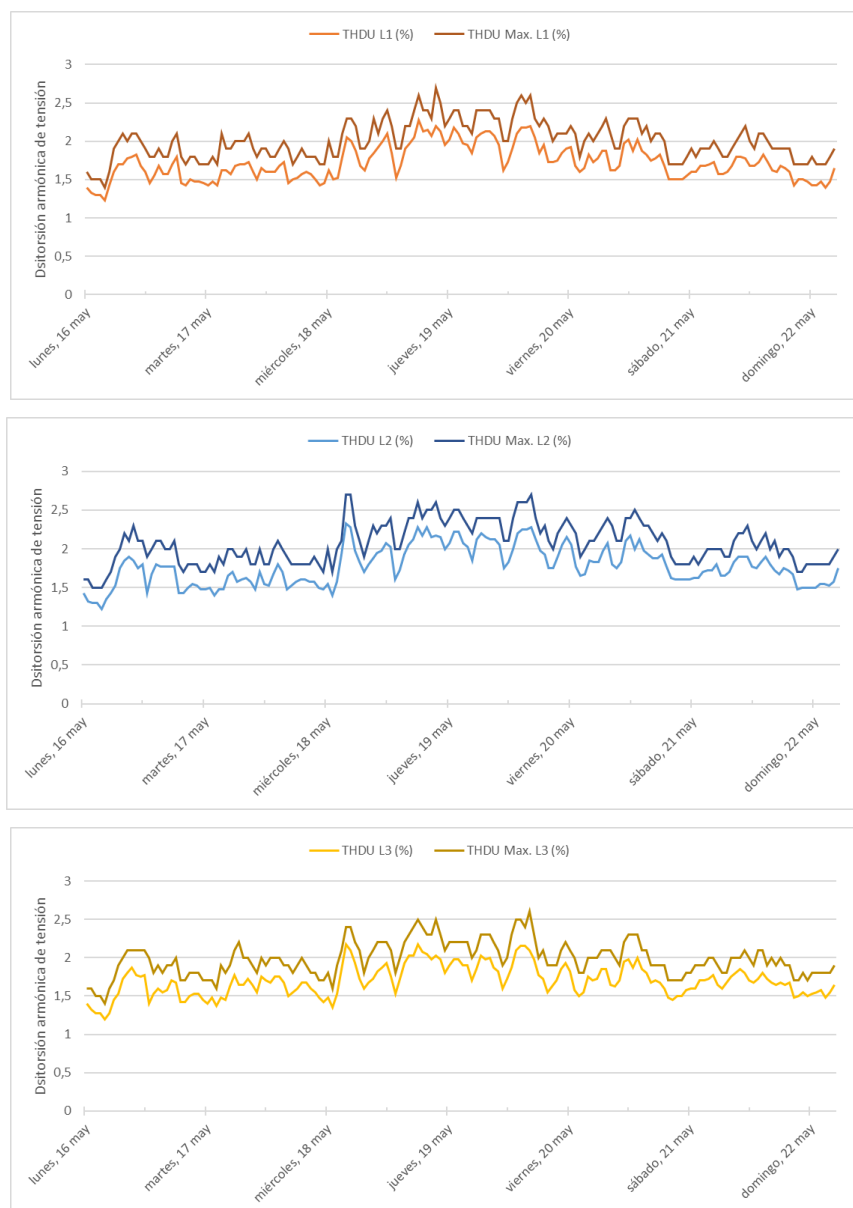


Figura 42. Distorsión armónica en tensión por fases.



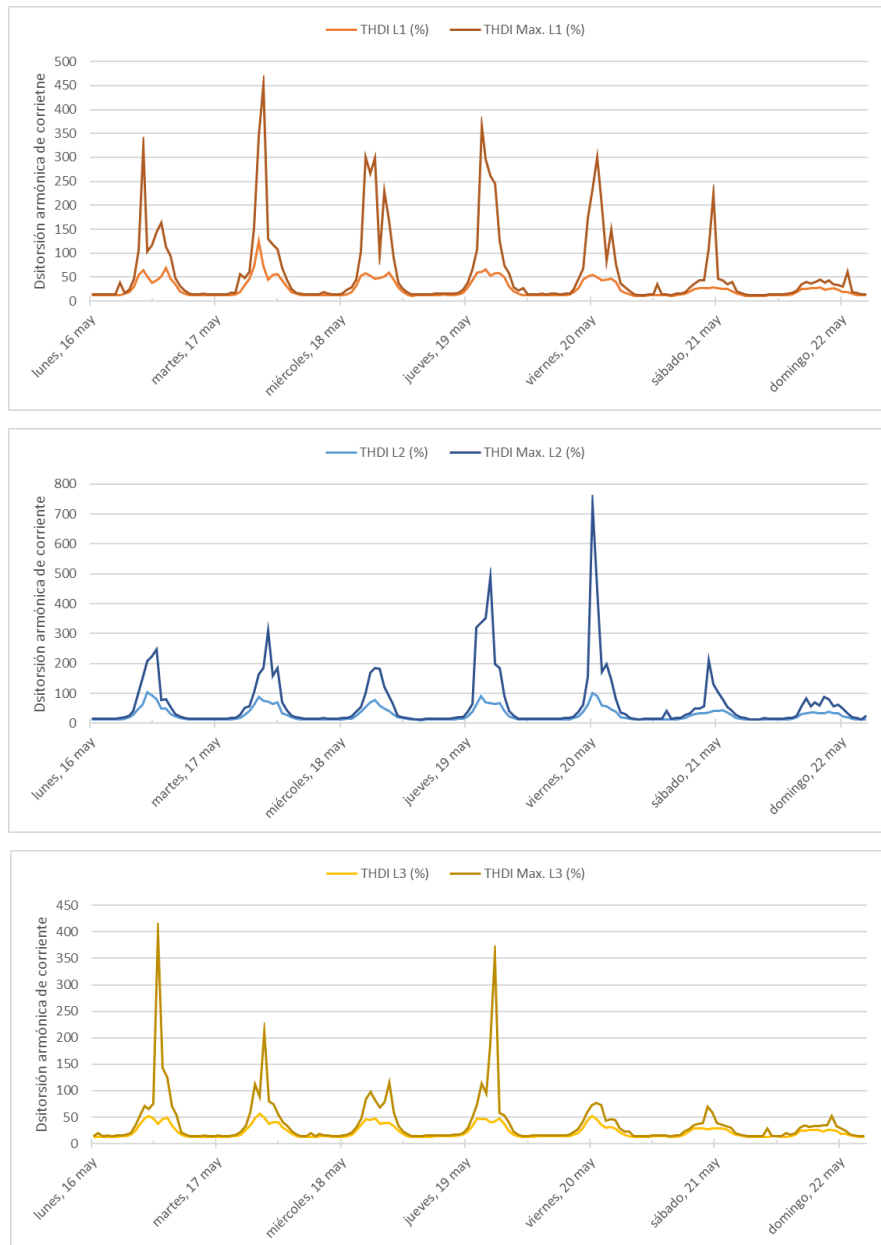


Figura 43. Distorsión armónica en corriente por fases.

#### Apartado 4. Otros

En este apartado se verá el factor de potencia, la temperatura y la frecuencia de trabajo en la instalación. Recordamos que el factor de potencia viene dado por el ángulo teta ( $\theta$ ) que a su vez está directamente relacionado con la potencia reactiva. Identificaremos el factor de potencia ideal cuando esté próximo o igual a 1, esto querrá decir que toda la energía ha sido transformada en trabajo útil. Así mismo, cuando el factor de potencia se sitúe por encima de cero, nos referiremos a cargas inductivas, mientras que se sitúa por debajo de cero será por cargas capacitivas. En todo caso se



puede tratar como un valor absoluto.

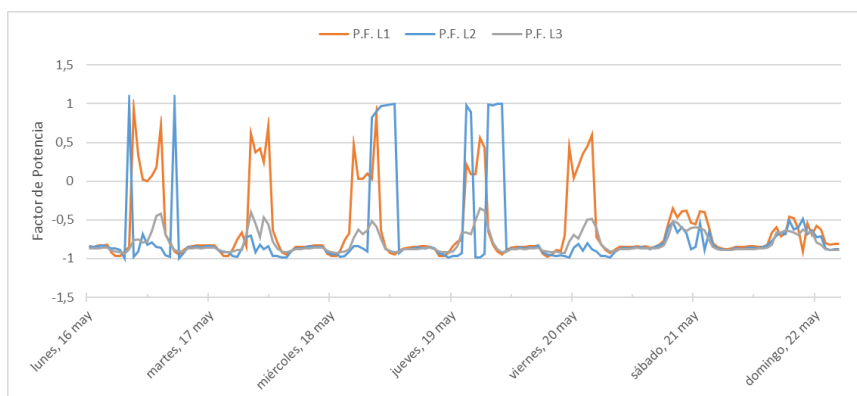


Figura 44. Factor de potencia en las tres fases.

En la anterior figura se puede ver que la línea L3 se mantiene durante todo tiempo por debajo de cero, esto se debe a la potencia reactiva capacitiva. Por el contrario, las líneas L1 y L2 alguna vez se posicionan en valores positivos. Veremos cada uno de estos casos en las siguientes figuras.

Ahora nos situamos en la siguiente figura, donde se verán reflejados los datos de la línea L1. Aquí se puede ver el factor de potencia la mayoría del tiempo se encuentra por debajo de cero, pero muy próximo al 1. Dado que la potencia reactiva capacitiva no es muy elevada, afecta poco al factor de potencia. La presencia de la potencia reactiva inductiva pasa desapercibida al tener un valor tan bajo. Analizando la relación entre la potencia reactiva capacitiva y el factor de potencia se puede ver que, en los valores máximos de la potencia, el factor de potencia se mantiene en negativo muy cerca de su cifra más favorable, mientras que cuando descendiendo a valores de 1kvarC el factor de potencia ya no se ve influenciado por cargas capacitivas y asciende a valores positivos cercanos a la unidad. También se puede apreciar que el factor de potencia se encuentra en situaciones muy desfavorables a primeras horas de la tarde, justo cuando el consumo de potencia reactiva capacitiva es el más bajo. Esto puede verse influenciado por parte de la instalación solar fotovoltaica. Trascurrido el periodo de toma de muestras de una semana, el valor absoluto promedio del factor de potencia es relativamente bajo con 0,72. En la última gráfica de la siguiente figura se visualiza con su valor absoluto.

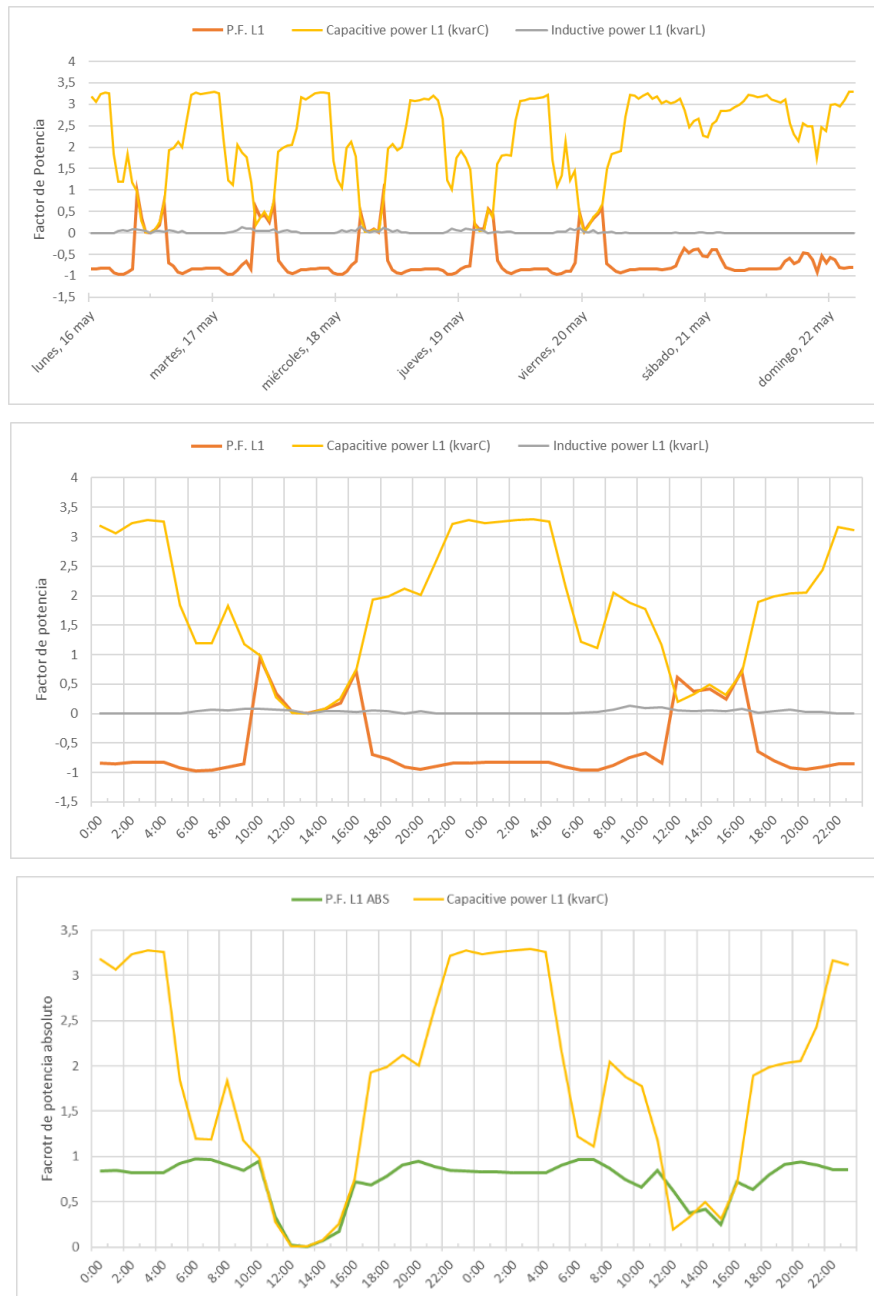


Figura 45. Factor de potencia L1.

En la siguiente figura se analiza la línea L2. Esta tiene menos consumo respecto a la potencia reactiva capacitiva y algo más de consumo en potencia reactiva inductiva. En el caso del factor de potencia se observan irregularidades en las gráficas. Ocurre como antes, cuando la potencia capacitiva es elevada, vemos un factor de potencia negativo, pero cerca de su valor óptimo. Si nos fijamos en la última gráfica, donde se ha dispuesto el factor de potencia en valor absoluto, se puede ver que el valor del factor de potencia no fluctúa tanto como en la línea L1, esto se puede deber a la presencia de cargas inductivas en la instalación eléctrica de la línea. El valor promedio del factor de potencia

en la línea L2 es mayor que anteriormente, de 0,86.

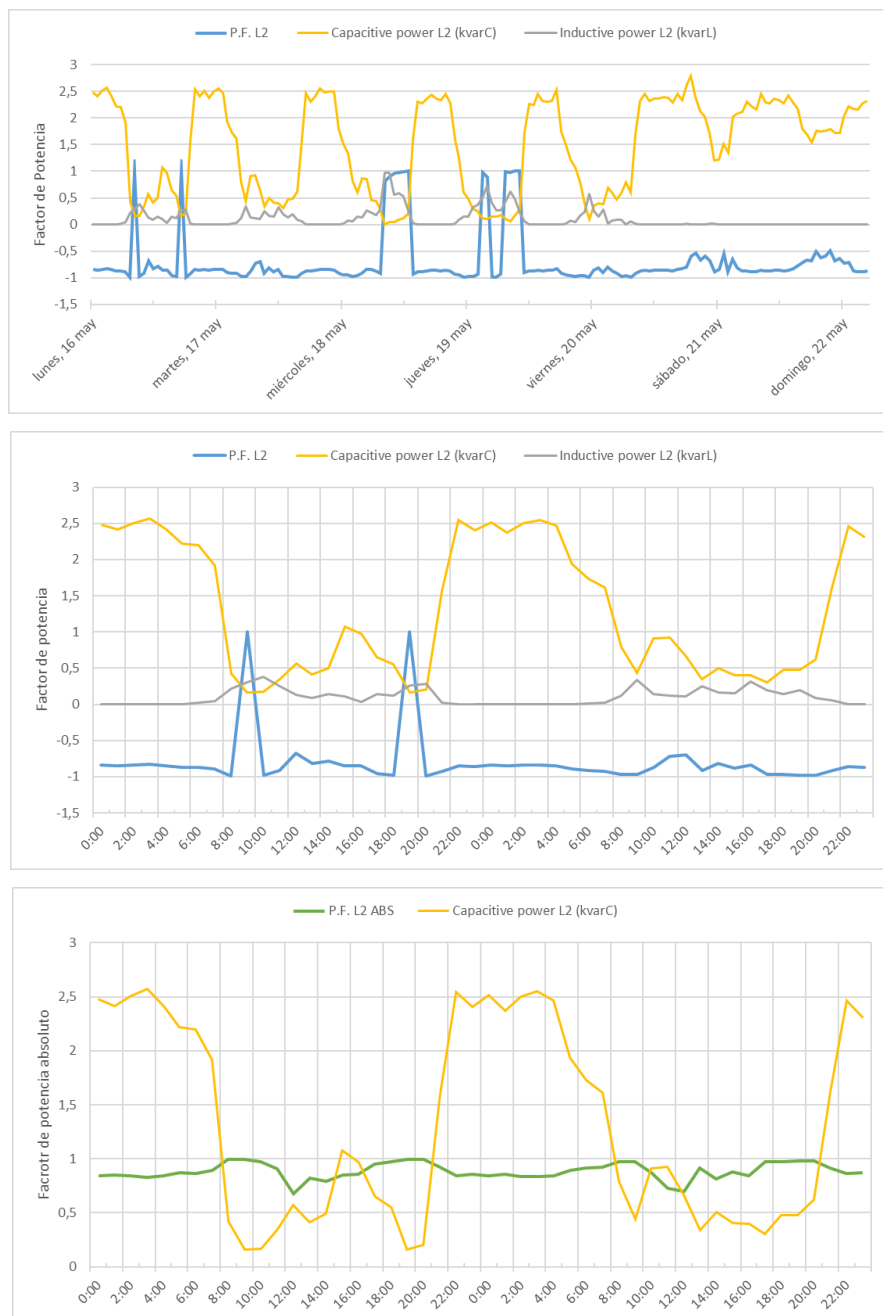


Figura 46. Factor de potencia L2.

Para la línea L3 se ven valores mucho más elevados y constates en la potencia reactiva capacitiva, ocurre todo lo contrario con la potencia reactiva inductiva que se mantiene en valores muy cercanos al cero. El factor de potencia como es de esperar está durante todo el periodo de muestreo en valores negativos. Como ocurría con la línea L1, cuando la potencia reactiva capacitiva disminuye su valor, este factor de potencia tiende a pasar a la zona positiva pero no lo consigue ya que el valor de la potencia es aún alto.

El promedio del factor de potencia en la línea L3 es de 0,79.

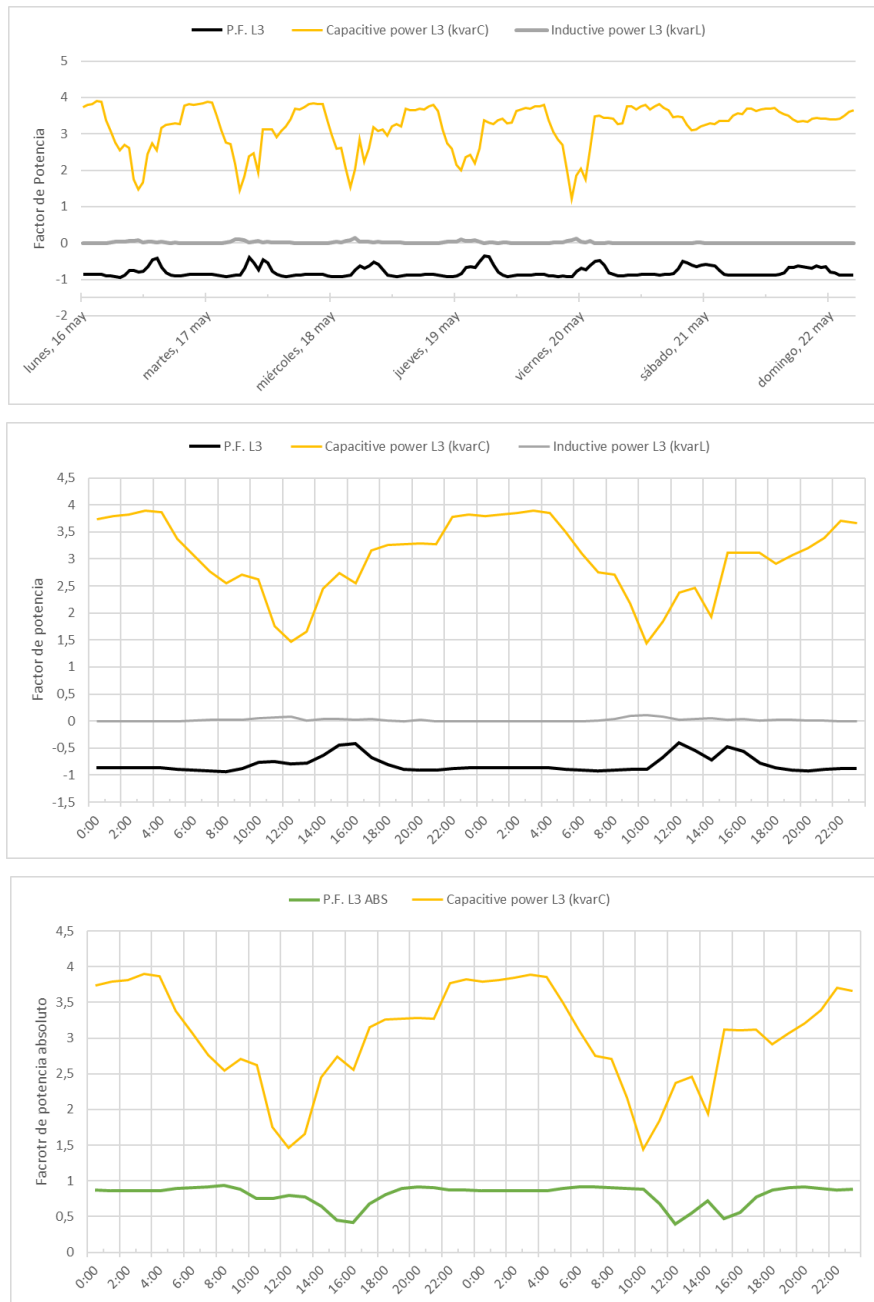


Figura 47. Factor de potencia L3.

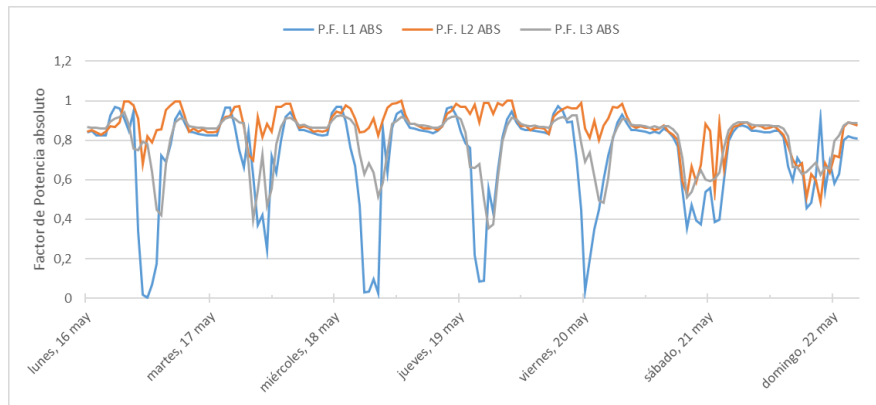


Figura 48. Factor de potencia absoluto en las tres fases.

A continuación, se verá representada la evolución de la temperatura, en el eje vertical izquierdo, y la frecuencia de red, en el eje vertical derecho. Respecto a la temperatura, esta va en aumento desde el inicio de la semana, pero nunca llega a ir más allá de los 50°C. En el caso de la frecuencia, vemos que fluctúa, pero no se mueve en cifras muy significativas.

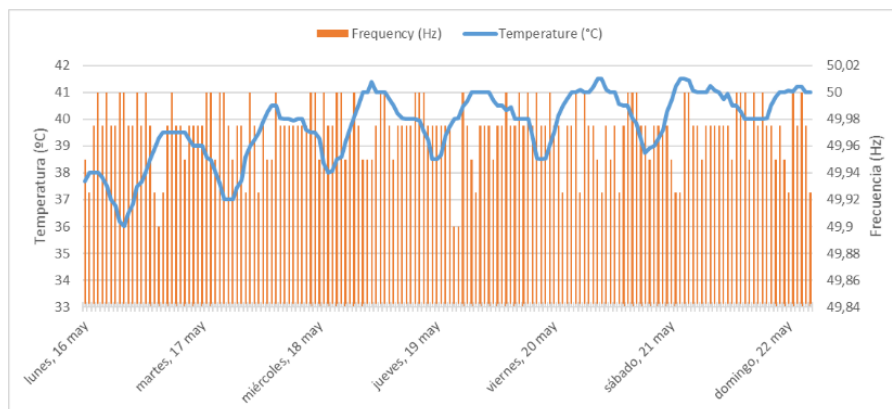


Figura 49. Frecuencia y temperatura.

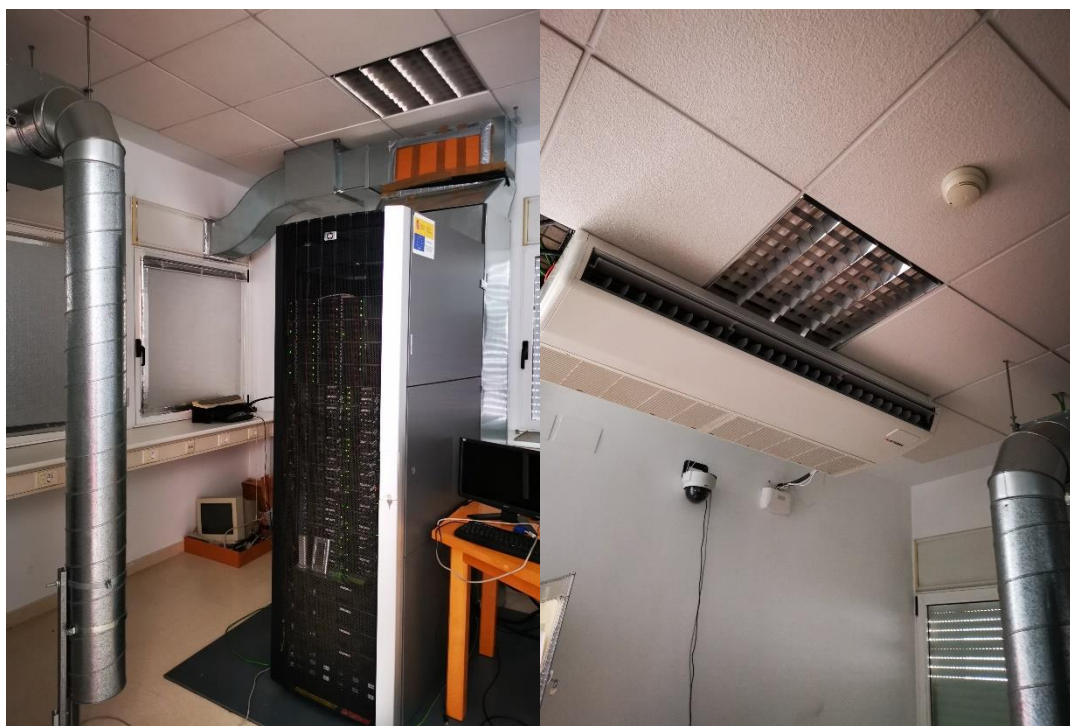
## ANEXO VII

### Analizador de redes portátil

En este apartado se explica la puesta en marcha del analizador de red portátil descrito en el apartado 0, así como su instalación en la red para conseguir llevar a cabo las medidas oportunas.

Como ya se ha presentado el dispositivo y su funcionamiento, pasaremos directamente al método de instalación en la red y a su puesta en marcha. Como ya sabemos se trata del analizador de redes AR5 de Circutor, se ha requerido a este dispositivo de medida para lograr identificar algunos de los focos de ineficiencia energética encontrados en la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, como lo son los casi 19kW de potencia parásita que consume el centro durante la noche.

Como primer paso, procedemos a identificar uno de los focos de consumo durante la noche, este sería el cuarto de los servidores del centro, que cuenta con un sistema de clima. Se sospecha que puede ser una de las razones por lo que se procede a su estudio. Para la instalación del analizador es necesario acceder a este cuarto, en donde se encuentra el cuadro, que es lo que realmente nos interesa.



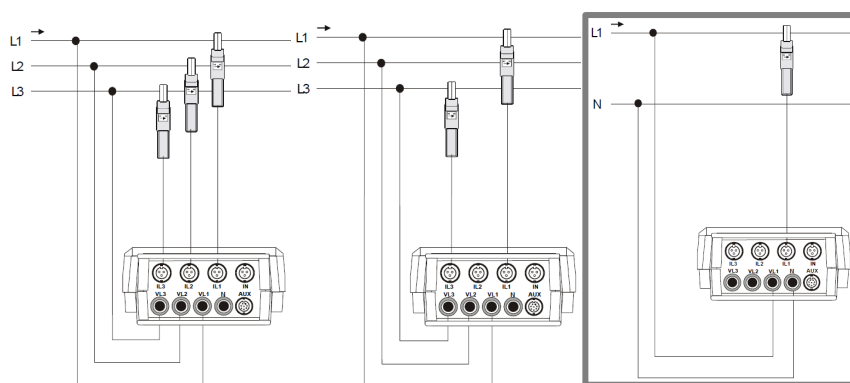
*Figura 50. Cuarto de servidores.*

Una vez en el cuadro de servidores, se identifica la situación del clima. Una vez hallado, se desmonta la caja de protección para poder acceder de una forma más rápida y fácil a la aparamenta. Localizamos los cables y puntos de anclaje y elegimos el tipo de conexión que queremos llevar a cabo.

Como podemos recordar, disponemos de 3 tipos de conexión para nuestro analizador de redes AR5; conexión para tres fases, conexión para tres fases ARON y conexión para una única fase. Lo ideal sería analizar el circuito mediante uno de los dos primeros métodos, esto nos daría datos más reales respecto al consumo, pero dado a las limitaciones de equipo no es posible pues solo disponemos de 5 pinzas amperimétricas; 3 de ellas son de 1000A, una de 100A y la última de 5A.

Para hacer una correcta medida de los parámetros es importante elegir la pinza amperimétrica según el valor de corriente que queramos medir, cuanto más se acerque la medida al valor de la pinza, más fiables serán los resultados.

Si recordamos los tipos de conexión, para los dos primeros métodos es necesario la colocación de tres pinzas de igual magnitud en la instalación eléctrica, dado que la intensidad de corriente en la Universidad no se acerca a los 1000A, no podemos conectar este tipo de pinzas. Con las pinzas de 5A ocurre algo parecido, pues la corriente no es tan pequeña. Entonces debemos recurrir a una única pinza amperimétrica de 100A, sin más remedio que optar por el tercer método.



*Figura 51. Métodos de instalación para AR5.*

En definitiva, dada a las limitaciones de material, se harán las mediciones con el método de conexión para una sola fase. Identificamos en el cuadro el clima del cuarto de servidores y elegimos una de las tres fases correspondientes a este circuito. A continuación, se procede con la instalación. Con las pinzas amperimétrica se medirá la intensidad de corriente que circula por esta línea, con los cables cocodrilo mediremos



el voltaje. En la siguiente figura se puede ver su montaje en el cuadro ya finalizado.

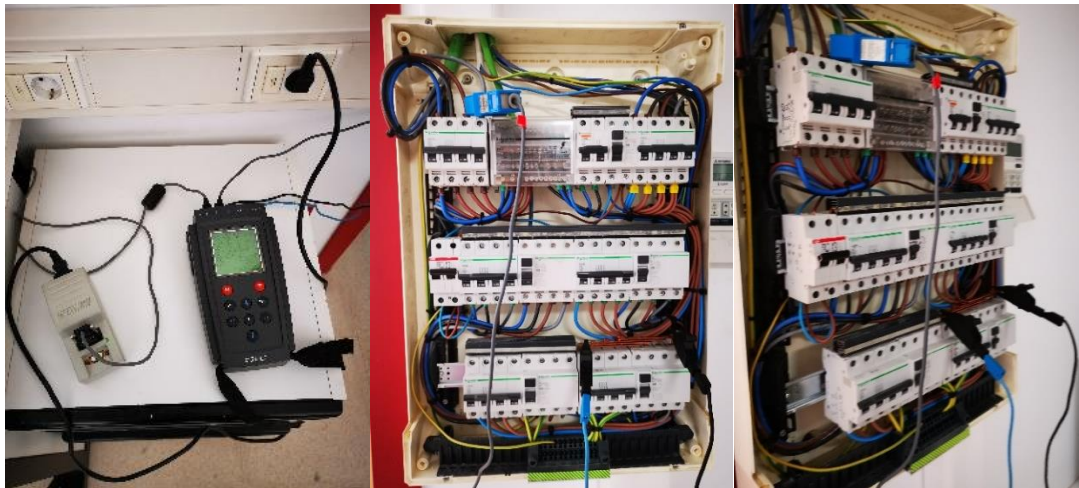


Figura 52. Instalación de analizador de redes en cuadro.

Donde podemos ver la pinza amperimétrica en la parte superior de este, y los cables con conexión de cocodrilo en la para inferior midiendo fase y neutro. Es muy importante conectar la fuente de alimentación a nuestro dispositivo, ya que este podría quedarse sin batería y detener la grabación.

Tras esto, iremos al analizador en sí para proceder a su configuración. El primer paso será la comprobación de la memoria interna del dispositivo, nos aseguraremos de disponer de la mayor capacidad posible. Tras esto empezaremos con la configuración accediendo al menú SETUP. En la siguiente tabla se adjuntan los valores tomados para esta medición.

SETUP		
MEASURE	CIRCUIT	TRIPHASIC
	TR. REL	1/1V
RECORD	PERIOD	00:00:05
	TRIGGER	AUTO
	NAME	REFRIG
	TYPE	ESTÁNDAR
	PARAM	
COMM	19200 NO 8 1	

Tabla 20. Configuración del analizador de redes.

Una vez configurado el dispositivo, se procede a poner en marcha la grabación de datos. Iremos al menú de configuración y seleccionaremos la opción RUN, una vez ahí



se vuelve a seleccionar RUN. Para finalizar se han de guardar los datos de la configuración, para ello presionamos ESC y seleccionamos guardar. Tras esto dejaremos el dispositivo en una ubicación adecuada mientras se completa la recopilación de datos.



Figura 53. Configuración en pantalla del analizador de redes.

Trascurrido ese tiempo, procedemos a poner fin a la grabación, si no es que lo ha hecho automáticamente por falta de almacenamiento. Entonces se podrá desconectar el equipo de la red eléctrica. Ahora es tiempo de transferir los datos guardados por el analizador de redes al ordenador. Esto será posible gracias al software proporcionado por Circutor, PowerVision.

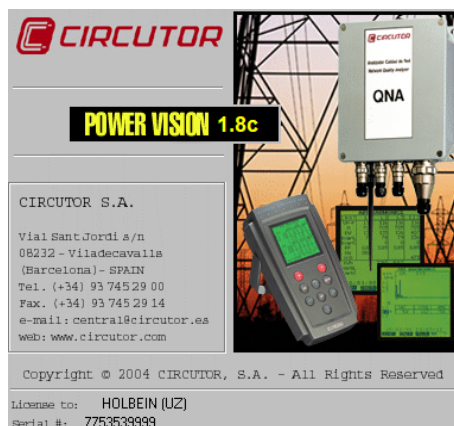


Figura 54. Inicio de PowerVision.

Para ello, el analizador de redes debe estar conectado a la fuente de alimentación y en su pantalla principal. Ahora se conecta al ordenador el cable de comunicación RS-232 a USB, habiendo instalado previamente el controlador preciso para esta tarea. Una vez aquí, abrimos el software PowerVision de Circutor y buscamos nuestro dispositivo. Tras esto transferimos los datos del analizador al software. En la siguiente figura se aprecia el tamaño de los datos almacenados, así como la velocidad de transferencia.

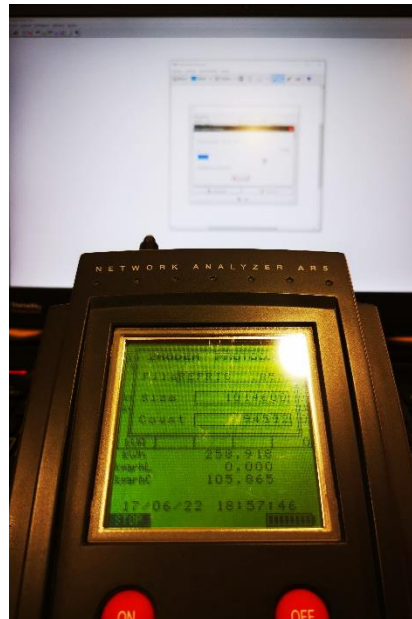


Figura 55. Transferencia de datos.

Una vez los datos estén depositados en el software, podremos visualizarlos y proceder a su estudio. Recordamos que el estudio realizado con el analizador de redes portátil es únicamente del cuarto de servidores, el cual se considera uno de los mayores consumidores de energía del centro. Algunos de las opciones que nos presenta PowerVision son las siguientes:

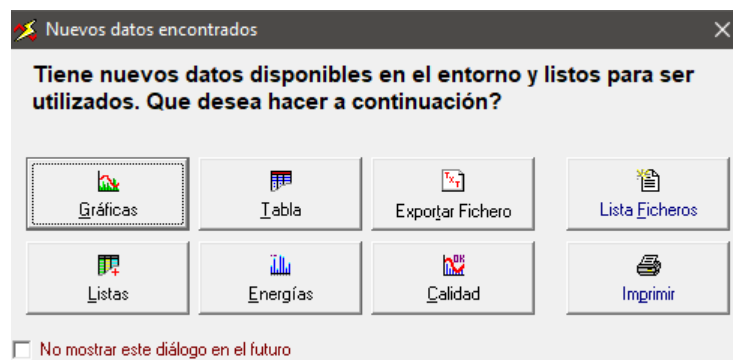


Figura 56. Opciones visualización de datos.

Nos da la posibilidad de ver datos de tensión, corriente, potencia activa, potencia inductiva, potencia capacitiva, energía y factor de potencia. Estos datos han sido exportados a Excel para conseguir una mejor definición y armonía con la presente memoria. La gráficas y datos obtenidos se muestran y explican en la memoria.

## Referencias

- [1] Universidad de Zaragoza, "Oficina Verde," 2019, 2022.  
<https://oficinaverde.unizar.es/open-data-consumos-energeticos>
- [2] Universidad de Zaragoza, "SICUZ," 2021, 2022.  
<https://reservadeaulas.unizar.es/>
- [3] Google, "Maps," 2022, 2022.  
[https://www.google.com/maps/place/Escuela+Universitaria+Politécnica+-+Teruel+\(Universidad+Zaragoza\)./@40.3517986,-1.109369,19.5z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x432f60a38244588b!8m2!3d40.3518377!4d-1.10913](https://www.google.com/maps/place/Escuela+Universitaria+Politécnica+-+Teruel+(Universidad+Zaragoza)./@40.3517986,-1.109369,19.5z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x432f60a38244588b!8m2!3d40.3518377!4d-1.10913)
- [4] AEMET, "Estación meteorológica," 2022, 2022.  
<https://datosclima.es/Aemet2013/Tempestad2013.php>
- [5] Universidad de Indonesia, "GreenMetric," 2022, 2022.  
<https://greenmetric.ui.ac.id/>
- [6] D. Cambra Campillo and L. Benedicto González, "Informe Resultados," 2021. [Online]. Available:  
[https://oficinaverde.unizar.es/sites/oficinaverde.unizar.es/files/users/ofiverde/informe\\_greenmetric2021.pdf](https://oficinaverde.unizar.es/sites/oficinaverde.unizar.es/files/users/ofiverde/informe_greenmetric2021.pdf)
- [7] PeakTech, "PeakTech Operation Manual." p. 25, 2022.
- [8] CIRCUTOR S.A., "TCP2RS+," 2022.  
[https://circutor.com/docs/TCP2RSplus\\_SP\\_LR.pdf](https://circutor.com/docs/TCP2RSplus_SP_LR.pdf)
- [9] CIRCUTOR S.A., "Supply Network Analyzer." p. 52, 2022.
- [10] CIRCUTOR S.A., "Network Analyzer AR5." p. 23, 2022.
- [11] Unidad Técnica de Construcciones y Energía, "Catálogo de edificios de la Universidad de Zaragoza," 2022.  
<https://utce.unizar.es/sites/utce.unizar.es/files/users/planutce/ObrasEquipamientos/catalogo.pdf>
- [12] P. Zúñiga, "Instalaciones Eléctricas Residenciales," 2020, 2022.



<https://instalacioneselectricasresidenciales.blogspot.com/2013/07/3-tipos-de-potencias-electricas.html>