



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Determinación de parámetros de funcionamiento y control de una UTA y diseño de un sistema de adquisición de datos

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Leandro Gómez de Olea Martín

DIRECTORES: Antón Cacabelos Reyes

Pablo Falcón Oubiña

CURSO ACADÉMICO: 2020-2021

UniversidadeVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Determinación de parámetros de funcionamiento y control de una UTA y diseño de un sistema de adquisición de datos.

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

Las instalaciones de climatización y ventilación de un edificio son fundamentales para la salud y confort de sus usuarios, lo que se puede definir como la calidad ambiental que engloba el confort térmico y la calidad del aire.

El presente trabajo estudia detalladamente las instalaciones de ventilación y climatización del edificio del Centro Universitario de la Defensa dentro de la Escuela Naval Militar en Marín, Pontevedra, para determinar los parámetros de funcionamiento y control de la unidad de tratamiento de aire.

Tras la determinación de dichos parámetros se procede a la medición de los mismos, Con los resultados obtenidos para posteriormente se realiza un análisis de los mismos, comparándolos con los requisitos mínimos establecidos por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios y por el Código Técnico de la Edificación.

Finalmente, se concluye con un diseño para su posible futura instalación de un sistema de adquisición de datos capaz de registrar y monitorizar los caudales, temperaturas, humedades, presiones y consumos del edificio en cuestión.

PALABRAS CLAVE

UTA, renovación, ventilación, climatización, sensores, parámetros.

AGRADECIMIENTOS

Querría agradecer en primer lugar a mi familia, amigos y novia, quienes han sido un apoyo constante e incondicional.

A mis tutores, Antón Cacabelos y Pablo Falcón por su ayuda.

A Doña Belén Barragans, por su persistente apoyo al alumnado.

CONTENIDO

Contenido.....	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	7
1 Introducción y objetivos	8
1.1 Descripción del apartado	8
1.2 Necesidad de ventilación.....	8
1.3 El aire contaminado.....	8
1.4 El edificio enfermo	8
1.5 Motivación	9
1.6 Objetivos	9
2 Estado del arte	11
2.1 Descripción del apartado	11
2.2 Reglamentos y normativas	11
2.2.1 Código técnico de la edificación (CTE).....	11
2.2.2 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)	11
2.3 Parámetros físicos, su importancia y cómo medirlos	12
2.3.1 Caudal de aire de ventilación	12
2.3.2 Temperatura	16
2.3.3 Humedad	22
2.3.4 Presión.....	26
2.4 Equipos de adquisición de datos para la monitorización de parámetros	28
2.5 El internet de las cosas	29
2.6 Descripción de una UTA.....	30
3 Desarrollo del TFG	36
3.1 Descripción del apartado	36
3.2 Descripción del edificio	36
3.2.1 Situación y uso	36
3.2.2 Características técnicas	37
3.3 Sistema de climatización	38
3.4 Unidades de tratamiento de aire y la ventilación.	42
3.5 Determinación de parámetros de funcionamiento de las instalaciones de ventilación y climatización.	45
3.6 Metodología	46
3.6.1 Elementos de medición empleados	46

3.6.2 Mediciones de los parámetros de funcionamiento.....	51
4 Análisis de las instalaciones y diseño de un sistema de adquisición de datos.....	57
4.1 Descripción del apartado	57
4.2 Análisis de los parámetros fundamentales de funcionamiento de las instalaciones de ventilación y climatización	57
4.2.1 Mediciones de la instalación de climatización.....	57
4.2.2 Mediciones de la instalación de ventilación	58
4.3 Análisis de las mediciones	59
4.3.1 Instalación de ventilación	59
4.3.2 Instalación de climatización.....	64
4.4 Diseño de un equipo de adquisición de datos	65
4.4.1 Temperatura, humedad y presión.....	65
4.4.2 Caudal de aire	70
4.4.3 Consumos eléctricos	73
4.4.4 Vista general de la ubicación de los sensores	74
4.4.5 Tabla resumen de sensores.....	76
4.4.6 Herramientas para la adquisición de datos.....	76
4.4.7 Comunicaciones de la herramienta de adquisición de datos.....	81
4.4.1 Presupuesto del sistema de adquisición de datos	82
5 Conclusiones y líneas futuras	84
5.1 Descripción del apartado	84
5.2 Conclusiones	84
5.3 Líneas futuras	85
6 Bibliografía.....	86
Anexo I: Inventario del proyecto: pontevedra/ marín/ escuela naval/ edificio administrativo para el centro adscrito universitario de la defensa	91
Anexo II: Datos técnicos de las herramientas usadas para las mediciones de las instalaciones de ventilación y climatización.....	104
6.1 Datos técnicos del anemómetro Testo 405i.....	105
6.2 Datos técnicos del termómetro de contacto Checktemp 1 HANNA	105
6.3 Datos técnicos de la cámara termográfica Flir i5	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 División de subsecciones para el cálculo del caudal en secciones circulares y rectangulares [1].....	13
Figura 2-2 Campana de captación de aire [5].....	14
Figura 2-3 Manómetro tubo de Pitot [6].....	14
Figura 2-4 Esquema de funcionamiento del tubo de Pitot [6].....	15
Figura 2-5 Anemómetro de molinete [4].....	15
Figura 2-6 Anemómetro de hilo caliente [4].	16
Figura 2-7 Comparativa de las diferentes escalas de temperatura [9].....	17
Figura 2-8 Termómetro por infrarrojos [10].....	18
Figura 2-9 Termómetro de contacto [11].	18
Figura 2-10 Imagen tomada por una cámara termográfica [12].....	19
Figura 2-11 Cámara termográfica [13].....	19
Figura 2-12 Registrador de temperatura [14].	20
Figura 2-13 Esquema de un termopar [16].....	20
Figura 2-14 Termistor [17].....	21
Figura 2-15 Sensor de temperatura resistiva [18].....	21
Figura 2-16 Sensor de temperatura por infrarrojos [19].....	22
Figura 2-17 Comparativa entre diferentes porcentajes de vapor de agua en el aire [20].	22
Figura 2-18 Rango óptimo de humedad relativa [22].....	24
Figura 2-19 Higrómetro de contacto [23].....	25
Figura 2-20 Higrómetro de aire [24].	25
Figura 2-21 Sensor de humedad DHT22 [26].	26
Figura 2-22 Diferencia gráfica entre las diferentes presiones [9].....	27
Figura 2-23 Manómetro diferencial [28].....	27
Figura 2-24 Fuelle [30].....	28
Figura 2-25 Sensor de presión capacitivo [28].....	28
Figura 2-26 El internet de las cosas [33].	30
Figura 2-27 Unidad de tratamiento de aire modular [36].....	31
Figura 2-28 Unidad de tratamiento de aire compacta [37].....	31
Figura 2-29 Ventilador de aire centrífugo [39].	32
Figura 2-30 Filtro de aire de una UTA	33
Figura 2-31 Recuperador de placas metálicas [39].	34
Figura 2-32 Recuperador de panel rotativo [39].	34
Figura 2-33 Recuperador aire-agua [39].	35

Figura 2-34 Esquema de secciones de una UTA.....	35
Figura 3-1 Vista aérea de la Escuela Naval Militar.....	36
Figura 3-2 Edificio administrativo para el centro adscrito Universitario de la Defensa	37
Figura 3-3 Vista de la cara sur del edificio desde el patio de aulas.....	37
Figura 3-4 Bomba de calor aire-agua del edificio	38
Figura 3-5 Esquema de aporte de agua de la bomba de calor para la climatización de la planta baja .	39
Figura 3-6 Esquema de aporte de agua de la bomba de calor para la climatización de la primera planta	40
Figura 3-7 Fancoil de techo modelo FCX AEMEC [40].....	40
Figura 3-8 Instalación del fancoil en el falso techo.....	41
Figura 3-9 Mando climatizador de cada estancia	41
Figura 3-10 Difusor de aire del modelo TROX ADLR-Q AEMEC de las estancias.....	42
Figura 3-11 Unidad de tratamiento del aire AIRLAN FM-36.....	43
Figura 3-12 Toma de aire exterior de la UTA de la planta baja	43
Figura 3-13 Conducto de aire CLIMAVÉR PLUS	43
Figura 3-14 Techo de bandeja de módena microperforado de las estancias y pasillos del edificio	44
Figura 3-15 Difusor lineal ubicado al final del pasillo central	44
Figura 3-16 Esquema de la instalación de los conductos de aire para el aporte de aire exterior desde la unidad de tratamiento de aire de la planta baja.....	45
Figura 3-17 Esquema de la instalación de los conductos de aire para el aporte de aire exterior desde la unidad de tratamiento de aire de la primera planta.....	45
Figura 3-18 Termómetro de contacto por penetración Checktemp 1 de HANNA.....	47
Figura 3-19 Anemómetro térmico 405i de la empresa Testo [43].	47
Figura 3-20 Icono de la App para smartphones y tablets Testo Smart Probes [45].	48
Figura 3-21 Anemómetro Testo 405i enlazado con la App Smart Probes.	48
Figura 3-22 Parámetros a elegir en la App Smart Probes.....	48
Figura 3-23 Configuración de medición de la App Smart Probes.....	49
Figura 3-24 Medidas registradas en la App Smart Probes.	49
Figura 3-25 Exportación de los datos registrados en la App Smart Probes.	50
Figura 3-26 Excel con los datos registrados y medias de las medidas.	50
Figura 3-27 Retiramiento de parte del falso techo para las mediciones	51
Figura 3-28 Ubicación de las estancias para la medición de la temperatura de las tuberías de agua...	51
Figura 3-29 Apertura de acceso a las tuberías de impulsión y retorno de la bomba de calor	52
Figura 3-30 Imagen midiendo la temperatura de las tuberías de la bomba de calor	52
Figura 3-31 Imagen tomada con la cámara térmica de las tuberías de agua a la salida de la bomba de calor	53
Figura 3-32 Difusor de aire retirado	53

Figura 3-33 Ubicación de las estancias destinadas a la medición del caudal de recirculación de la planta baja.....	54
Figura 3-34 Ubicación de la estancia destinada a la medición del caudal de recirculación de la primera planta	54
Figura 3-35 Calor desprendido del difusor de techo	54
Figura 3-36 Entrada de aire a la UTA de la primera planta	55
Figura 3-37 Entrada de aire a la UTA de la planta baja	55
Figura 3-38 Subseccionamiento de la entrada de aire del exterior a la UTA	55
Figura 3-39 Ubicación de las estancias destinadas a la medición del caudal de renovación de la planta baja.....	56
Figura 3-40 Ubicación de las estancias destinadas a la medición del caudal de renovación de la primera planta	56
Figura 4-1 Sensor BME280 [47].	66
Figura 4-2 Ubicación de los sensores BME280 en la planta baja	66
Figura 4-3 Ubicación de los sensores BME280 en la primera planta	67
Figura 4-4 Sensor DS18B20 [48].	67
Figura 4-5 Ubicación del sensor DS18B20 en la planta baja para el registro de la temperatura del aire de entrada a la UTA.....	67
Figura 4-6 Ubicación de los sensores DS18B20 en la primera planta para el registro de la temperatura del aire de entrada a la UTA.....	68
Figura 4-7 Ubicación del sensor DS18B20 en la planta baja para el registro de la temperatura de salida de aire de la UTA.....	68
Figura 4-8 Ubicación del sensor DS18B20 en la primera planta para el registro de la temperatura de salida de aire de la UTA	69
Figura 4-9 Ubicación de los sensores DS18B20 de la planta baja para el registro de la temperatura del agua de impulsión y retorno de la bomba de calor	69
Figura 4-10 Ubicación de los sensores DS18B20 de la primera planta para el registro de la temperatura del agua de impulsión y retorno de la bomba de calor	70
Figura 4-11 Sensor de aire Zephyr Digital Honeywell [50].	71
Figura 4-12 Ubicación de los sensores de aire de Zephyr Digital Honeywell en la planta baja para el registro del caudal de aire de recirculación proporcionado por el fancoil de techo	71
Figura 4-13 Ubicación de los sensores de aire de Zephyr Digital Honeywell en la primera planta para el registro del caudal de aire de recirculación proporcionado por el fancoil de techo	71
Figura 4-14 Ubicación del sensor de aire Zephyr Digital Honeywell en la planta baja para el registro del caudal de aire de entrada a la UTA.....	72
Figura 4-15 Ubicación del sensor de aire Zephyr Digital Honeywell en la primera planta para el registro del caudal de aire de entrada a la UTA.....	72
Figura 4-16 Ubicación de los sensores Zephyr Digital Honeywell de la primera planta para el registro del caudal de aire de renovación.....	73
Figura 4-17 Ubicación de los sensores Zephyr Digital Honeywell de la planta baja para el registro del caudal de aire de renovación	73

Figura 4-18 Sensor de corriente HSTS21 [52].	74
Figura 4-19 Arquitectura del sistema del módulo ESP32	77
Figura 4-20 Croquis de la capacidad de conexión del ESP32 con los diferentes sensores	77
Figura 4-21 Ejemplo de caja de plástico protectora	78
Figura 4-22 Adaptador fuente de alimentación Aukru [54].	78
Figura 4-23 Cable eléctrico de la compañía NorthPada [55].	79
Figura 4-24 Funcionamiento del protocolo MQTT [56].	79
Figura 4-25 Esquema general de las comunicaciones del sistema de adquisición de datos.....	81
Figura 4-26 Dispositivo en línea de Grafana [61].	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Síntomas humanos relativos a un edificio enfermo [1].	9
Tabla 2 Factores de un edificio enfermo	9
Tabla 3 Temperaturas operativas y porcentaje de humedad recomendado según la estación del año [3].	17
Tabla 4 Comparación de superficie útil y superficie construida de cada planta	38
Tabla 5 Características de la bomba de calor	39
Tabla 6 Diferencias básicas entre los distintos modelos de fancoils	41
Tabla 7 Distribución de los diferentes modelos de fancoil	42
Tabla 8 Datos registrados de las temperaturas de las tuberías de agua de impulsión y retorno de la estancia de pruebas	57
Tabla 9 Datos registrados de las temperaturas de las tuberías de agua de impulsión y retorno del despacho 1	57
Tabla 10 Temperaturas de las tuberías de impulsión y retorno de agua de la bomba de calor	57
Tabla 11 Datos del aire de recirculación del fancoil del despacho de pruebas	58
Tabla 12 Datos del aire de recirculación del fancoil del despacho 1	58
Tabla 13 Datos del aire de recirculación del fancoil de la sala de reuniones de la primera planta	58
Tabla 14 Medidas del caudal del aire de entrada a la UTA de la primera planta	58
Tabla 15 Medidas del caudal del aire de entrada a la UTA de la planta baja	59
Tabla 16 Media de los caudales de renovación en las diferentes estancias seleccionadas	59
Tabla 17 Caudales de aire exterior por unidad de superficie	61
Tabla 18 Caudales de aire exterior en dm^3/s por persona	63
Tabla 19 Comparación entre la temperatura de la estancia y la proveniente de la UTA	65
Tabla 20 Tabla resumen de los sensores	76
Tabla 21 Presupuesto total del diseño del sistema de adquisición de datos	83
Tabla 22 Datos técnicos del anemómetro Testo 405i [14]	105
Tabla 23 Datos técnicos del termómetro de contacto Checktemp 1 HANNA [42]	105
Tabla 24 Datos técnicos de la cámara termográfica Flir i5	106

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Descripción del apartado

En este primer apartado se pretende alcanzar una visión más general sobre el tema que nos atañe. Primero se expondrá una breve explicación de la necesidad de obtener un aire limpio y renovado, así como las consecuencias de trabajar en un ambiente poco propicio para la salud, posteriormente se expondrán los motivos que nos han llevado a desarrollar el proyecto, para finalmente fijar los objetivos que se pretenden alcanzar en este proyecto.

1.2 Necesidad de ventilación

Para vivir, las personas necesitan continuamente respirar aire, el cual aporta el oxígeno que nuestro metabolismo necesita para funcionar.

Este aire debe estar libre de contaminantes y poseer una calidad óptima, de manera que no sea de ninguna manera perjudicial para nuestro organismo.

En estancias cerradas, al cabo de un tiempo, este aire tan necesario adopta una calidad inaceptable para el consumo humano debido a diferentes motivos como polvo, la respiración de las personas, gases, etc. La ventilación en un edificio sirve para proporcionar aire fresco y limpio, para mantener un ambiente de trabajo cómodo, y para eliminar o diluir contaminantes en el aire, con el fin de evitar su acumulación en el ambiente. El aire acondicionado es un tipo común de sistema de ventilación en modernos edificios de oficinas. En particular, las unidades de tratamiento de aire se encargan del acondicionamiento de este aire necesario, así como del confort requerido en un ambiente de trabajo.

La ventilación es la práctica que se encarga de que se produzca una renovación de aire, controlando y asegurando una calidad de aire adecuada [1].

1.3 El aire contaminado

El aire de una habitación puede contener partículas, que incluyen polvo, gases de compuestos volátiles, dióxido de carbono (CO₂), vapores y humos tóxicos del exterior, así como partículas eléctricas (como iones), nitrógeno y vapor de agua. El aire contaminado suele surgir de infiltraciones en el edificio desde el exterior, puede ser producido por persianas, equipos, o polvo dentro de los sistemas de acondicionamiento, que puede ser descargado en el ambiente. También contamina el aire los compuestos volátiles de la construcción, así como el mobiliario de revestimiento. Todos estos pueden estar presentes en el aire de una oficina, lo que es perjudicial para una persona, ya que puede amenazar gravemente su salud.

De media, el aire interior está entre dos y cinco veces más contaminado que el aire exterior, y teniendo en cuenta que pasamos en interiores un 90% del tiempo, hace evidente nuestra exposición a estos agentes contaminantes.

En esta era industrial, la contaminación atmosférica no se puede eliminar por completo, pero se pueden tomar medidas para reducirla. El gobierno ha desarrollado, y sigue desarrollando, directrices para la calidad del aire y las ordenanzas para restringir las emisiones en un esfuerzo por controlar la contaminación del aire [1].

1.4 El edificio enfermo

Como podemos ver, la salud de un trabajador depende en gran medida de las condiciones en las que trabaja. De esta manera, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que la salud de un trabajador depende de la aptitud social de administrar la interacción entre las actividades realizadas por una persona y el ambiente en el que vive. En lo referente a los edificios y a las zonas de trabajo, definió

en 1982 el síndrome del edificio enfermo, como una diversidad de síntomas perjudiciales a la salud que sufría un porcentaje de personas que habitaban o trabajaban en dicho edificio.

Se declara un edificio enfermo si, un 20% de los ocupantes de dicho edificio presenta síntomas tales como irritación de ojos, sequedad de la piel, cefaleas, dificultad de concentración, problemas respiratorios (Tabla 1), y a los días de abandonar dicho edificio, los síntomas desaparecen o se alivian en gran medida. Según la Organización Mundial de la Salud, hasta un 30% de los edificios que han sufrido reformas o han sido de cercana construcción, presenta los síntomas para poder ser categorizado de edificio enfermo.

Fatiga	Rendimiento bajo	Dificultad de concentración
Picor de ojos	Sequedad de piel y mucosas	Cefalea
Alergias	Tos	Dificultades respiratorias
Irritabilidad	Irritación de ojos	Irritación de garganta
Picor de piel	Eccemas en la piel	Congestión
Disnea	Hipersensibilidad	Náuseas

Tabla 1 Síntomas humanos relativos a un edificio enfermo [1].

Estos síntomas perjudiciales para la salud pueden ser categorizados en tres diferentes factores; factores químicos, biológicos y físicos, estos son comúnmente derivados de una humedad relativa baja, un mal mantenimiento de las instalaciones, o una ventilación pobre y deficiente, entre otros [1]. (Tabla 2)

Factores químicos	Factores físicos	Factores biológicos
Olores	Baja humedad relativa	Hongos
Gases	Ventilación poco eficiente	Levaduras
Compuestos volátiles	Radón	Ácaros
Compuestos orgánicos	Temperatura	Bacterias
Monóxido de carbono	Electricidad estática	Moho

Tabla 2 Factores de un edificio enfermo

1.5 Motivación

Por lo descrito en los anteriores apartados, queda claro la necesidad de convivir con un aire limpio, renovado y libre de contaminantes que puedan afectar tanto a el rendimiento de un trabajador, como a su salud. La motivación de este proyecto es ayudar a establecer un entorno cómodo y de confort, con unas condiciones del aire óptimas para el trabajador.

1.6 Objetivos

Como el propio título del proyecto indica el objetivo del proyecto es la determinación de los parámetros de funcionamiento y control de una unidad de tratamiento de aire y el diseño de un sistema de adquisición de datos. Sin embargo, para la consecución de dichos objetivos, es imprescindible alcanzar previamente unas metas.

Esos objetivos no son otros que:

- Determinación de los parámetros de funcionamiento más importantes referentes a la unidad de tratamiento de aire del anteriormente citado edificio.
- Estudio detallado de las instalaciones de climatización y ventilación del edificio del Centro Universitario de la Defensa dentro de la Escuela Naval Militar.
- Toma de datos y análisis de dichas instalaciones.
- Comprobación de los requisitos establecidos en el RITE y en el CTE.
- Diseño y planteamiento de un equipo de toma de datos que conlleva la selección de los sensores, equipos de almacenamiento y comunicación necesarios.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Descripción del apartado

En el siguiente apartado se pretende dotar al lector de los conocimientos necesarios para entender el posterior desarrollo del trabajo. Para ello se comenzará definiendo los reglamentos y normativas que rigen una serie de exigencias que deben cumplir las instalaciones de ventilación y climatización. Se expondrán los parámetros físicos estrechamente relacionados con el rendimiento y salud de un trabajador en su ambiente de trabajo, así como los diferentes dispositivos para su medición. También se hará una pequeña introducción a el concepto del internet de las cosas, sobre el cual se enfocará el diseño de adquisición de datos, y, por último, se explicará qué es una unidad de tratamiento de aire, sus componentes y sus diferentes secciones.

2.2 Reglamentos y normativas

Para poder asegurar una correcta ventilación y condicionamiento en las aulas a investigar, se han de seguir rigurosamente ciertos reglamentos y normativas.

2.2.1 Código técnico de la edificación (CTE)

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

“Ante la creciente demanda de calidad por parte de la sociedad, la Ley establece los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios de tal forma que la garantía para proteger a los usuarios se asiente no sólo en los requisitos técnicos de lo construido sino también en el establecimiento de un seguro de daños o de caución. Estos requisitos abarcan tanto los aspectos de funcionalidad y de seguridad de los edificios como aquellos referentes a la habitabilidad.” [2].

Aparte de ser responsable de establecer normas básicas de ahorro técnico, la seguridad estructural o la salubridad, desarrolla una serie de Documentos Básicos (DB) que recogen las características que deben cumplir los sistemas y redes de ventilación [2].

Uno de estos documentos básicos es el Documento Básico HS3 – Habitabilidad y Salubridad – Calidad del aire interior.

Esta sección se aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Se considera que forman parte de los aparcamientos y garajes las zonas de circulación de los vehículos.

Para locales de cualquier otro tipo se considera que se cumplen las exigencias básicas si se observan las condiciones establecidas en el RITE.

En esta sección del Código técnico de la edificación se establecen unos caudales mínimos de ventilación debido a la necesidad de establecer una calidad de aire interior adecuada en viviendas, el cual se puede ver afectado por una serie de factores que posteriormente, en este trabajo, serán definidos.

2.2.2 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

Tendrán consideración de instalación térmica aquellas instalaciones de climatización que sean fijas, ya sean de ventilación, refrigeración o calefacción, además de las instalaciones destinadas a la

producción de agua caliente sanitaria. La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, si los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos a continuación.

Según la actividad metabólica de las personas, la ropa que lleven puesta y el porcentaje aproximado de personas insatisfechos, se podrán fijar las condiciones interiores de diseño de la humedad relativa y de la temperatura operativa. En lo que a estándares se refiere, podremos diferenciar dos períodos principales, a saber, invierno y verano. Para la estación de verano, se fijarán unas condiciones de humedad relativa de entre el 45- 60%, y una temperatura operativa de entre 23-25°C. Por otro lado, durante el invierno, la humedad relativa deberá ser de entre el 40-50% y la temperatura operativa ente 21-23°C. Los límites de la velocidad del aire en una zona ocupada deberán estar fijados. Para ello, se deberá tener en cuenta la actividad y vestimenta de las personas, además de la temperatura del aire [3].

2.3 Parámetros físicos, su importancia y cómo medirlos

2.3.1 Caudal de aire de ventilación

El caudal de aire es un concepto fundamental en la ventilación de instalaciones, determina la cantidad de aire que se renueva en una estancia. Cuanto mayor sea el caudal, mayor será la cantidad de aire renovado en los distintos espacios cerrados que podemos encontrar en una vivienda, en oficinas, o en cualquier otro edificio.

El caudal de aire es la cantidad de aire que atraviesa una sección en una unidad de tiempo, como podemos ver, dicho parámetro engloba dos magnitudes diferentes, tiempo y cantidad. Según la manera de expresar el caudal de aire, se podrá expresar en masa de aire (en kg) si queremos expresarnos en caudal másico, o si bien queremos expresarnos en caudal volumétrico, nos expresaremos en términos de metros cúbicos. La medida del tiempo normalmente será en unidades del sistema internacional (segundos). La forma más común de expresar el caudal de aire en Europa son los metros cúbicos por hora o metros cúbicos por segundo, mientras que en Estados Unidos se usan los pies cúbicos por minuto [4].

La relación entre el caudal volumétrico y másico es establecida por la densidad del aire:

$$Q_{\text{volumétrico}} = \frac{Q_{\text{másico}}}{\text{densidad del aire}}$$

Un inconveniente de esta relación es que el cambio de temperatura variará nuestra relación; un ventilador, por ejemplo, mantendrá un caudal volumétrico constante incluso si la temperatura varía, mientras que el caudal másico disminuirá debido a un incremento en temperatura ya que implica que la densidad de aire disminuirá; en resumen, incrementando la temperatura, el ventilador moverá el mismo caudal volumétrico (metros cúbicos de aire), pero menos caudal másico (kg de aire) [4].

El aire de ventilación es uno de los parámetros más importantes a medir para poder establecer una calidad de aire aceptable, así como para establecer en una estancia un óptimo confort térmico.

Este parámetro también es importante debido a que es el encargado de asegurar una renovación de aire manteniendo así un área limpia.

A la hora de calcular la cantidad de aire que entra en una estancia existen diferentes formas para determinar dicho caudal. La precisión de la medida varía con cada diferente método, así como la dificultad y la complejidad de los elementos de medición.

Una de las formas más simples de medición de caudales de aire trata de calcular la velocidad a la que el aire en la boca de los conductos de ventilación, de esta manera podemos relacionar dicha velocidad con el área de la sección de dicho conducto para calcular el caudal de aire de ventilación.

El caudal de aire que atraviesa un conducto es proporcional a la sección de dicho conducto y a la velocidad a la que el aire atraviesa dicha sección:

$$Q = S \cdot v$$

Siendo Q el caudal de aire, S la sección del área y v la velocidad a la que el aire atraviesa la sección.

A la hora de medir la velocidad de aire en la boca de un conducto, es importante tener en cuenta que dicha velocidad no es uniforme en toda la sección, para minimizar el posible error, se debe dividir dicha sección en subsecciones (Figura 2-1). Una forma eficiente de dividir la sección de paso de un conducto rectangular es convertir la sección en una cantidad de subsecciones en un mínimo de 16, y en conductos circulares, tomar las mediciones en diferentes direcciones ortogonales.

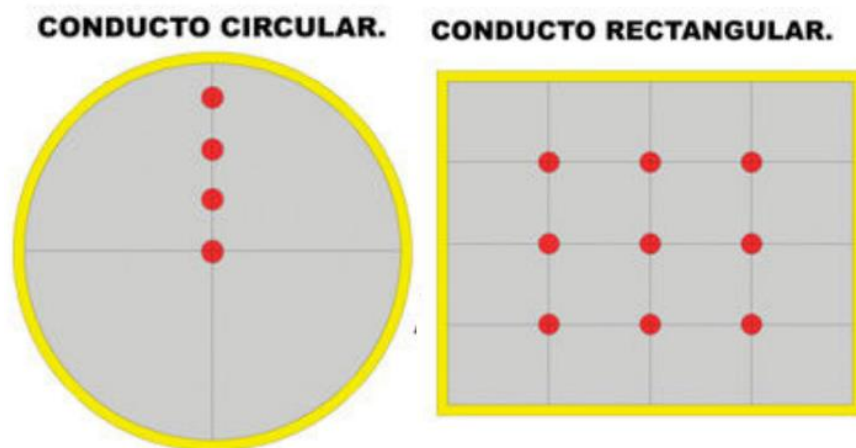


Figura 2-1 División de subsecciones para el cálculo del caudal en secciones circulares y rectangulares [1].

Para medir caudales es utilizado un aparato denominado caudalímetro. En climatización normalmente no se puede directamente medir el caudal, sino que se ha de calcular la velocidad a la que circula el aire, y la sección del conducto [1].

2.3.1.1 Instrumentos para medir el caudal de aire

- **La campana de captación de aire** (Figura 2-2) es un instrumento de medición capaz de resolver el problema del error por la uniformidad. Este instrumento capta el aire que pasa por la boca de un conducto, en la garganta de la campana es medida la velocidad a la que atraviesa el aire, dicha velocidad está relacionada con el área de la sección atravesada.



Figura 2-2 Campana de captación de aire [5].

A la hora de medir el caudal, este se puede ver afectada por pérdidas de carga producidas dentro de la campana, dichas pérdidas, mediante un ventilador pequeño, o la calibración de un equipo, pueden ser compensadas.

A pesar de ser un instrumento fácil de usar y sin demasiada complejidad, tiene una gran limitación, ya que solo se puede usar para medir caudales en bocas y conductos. Si las entradas de aire no están definidas, resulta un instrumento inútil.

Existen campanas de muchos tipos y tamaños, incluso las podemos encontrar con medidor de temperatura.

- **El manómetro de Tubo de Pitot** (Figura 2-3) es un instrumento que permite medir la velocidad de un flujo de gases.



Figura 2-3 Manómetro tubo de Pitot [6].

Cuando un fluido en movimiento, como puede ser una corriente de aire, se encuentra con un objeto, crea una presión de una magnitud mayor que la de dicha corriente.

El tubo de Pitot consta de un tubo colocado de tal forma que el extremo se enfrente a la corriente de flujo, la presión que crea la corriente al impactar contra este objeto estacionario hace que dentro del mismo tubo se mantenga una columna estacionaria del fluido del tubo de Pitot (Figura 2-4), por lo tanto, el fluido está estancado en lo que se conoce como punto de estancamiento [6].

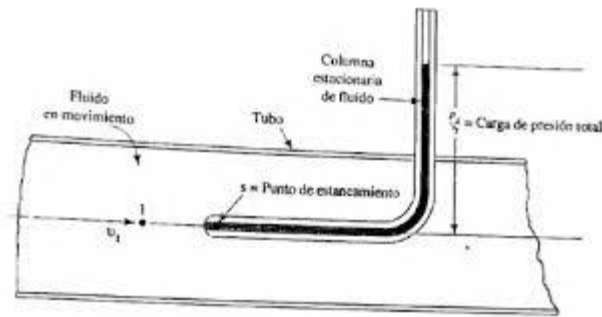


Figura 2-4 Esquema de funcionamiento del tubo de Pitot [6].

- **El anemómetro de molinete** (Figura 2-5) es un instrumento de medición de la velocidad del aire usado no solo en exteriores sino habitualmente en interiores. Este instrumento de medición tiene su puesta a punto en la medición de la velocidad del aire (que multiplicándola por la sección obtendríamos el caudal) en conductos gracias a su tamaño y practicidad [4].



Figura 2-5 Anemómetro de molinete [4].

- **El anemómetro de hilo caliente** (Figura 2-6) consiste en una sonda con un hilo caliente que se introduce en el conducto de aire, el hilo de la sonda se encargará de reflejarnos la velocidad del aire en función a la mayor o menor refrigeración que esta sufra; a mayor velocidad del aire, mayor refrigeración. De la misma forma que siempre, esta velocidad será multiplicada por la sección para obtener el caudal del aire [4].



Figura 2-6 Anemómetro de hilo caliente [4].

2.3.2 Temperatura

La temperatura es un parámetro definido como la cantidad de energía cinética que poseen las partículas de una masa, cuanto mayor energía cinética tenga dichas partículas, mayor será la temperatura.

La medición de la temperatura es un parámetro fundamental a la hora de determinar el correcto funcionamiento del sistema de ventilación y acondicionamiento debido a que esta determina la comodidad de los trabajadores en un entorno laboral, debido a que la oficina es uno de los lugares donde se pasa más horas al día.

Otra razón de porqué una buena temperatura es fundamental en una oficina es por el rendimiento, debido a que un entorno de trabajo agradable ayuda a que una persona sea capaz de concentrarse en su trabajo y de esta manera trabajar de una forma mucho más eficiente.

Pero sin duda, el factor más importante de una buena regulación de la temperatura es la salud de los trabajadores, una mala gestión de las condiciones ambientales en un entorno laboral genera un aumento de los diferentes riesgos a los que un trabajador se encuentra expuesto, causando patologías y síntomas que perjudican la salud de los trabajadores [7].

El gobierno, a través del BOE, regula las condiciones ambientales que se tienen que cumplir en las oficinas, mediante el anexo número III de 1997 y en 2009 en las modificaciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) aprobado por Real Decreto en 2007.

Dependiendo de la estación del año en la que nos encontremos, iremos vestidos acordes a la temperatura exterior, por lo que no llevaremos la misma ropa dentro de la oficina en una estación o en otra. Por lo que el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo recomienda mantener un margen de temperatura en invierno entre los 17°C y los 24°C, mientras que en verano entre los 23°C y los 27°C [8].

El INSHT propone unos márgenes adecuados en cuanto a el rango de temperaturas a mantener en un local de trabajo, sin embargo, el RITE está avalado por la ley de prevención de riesgos laborales.

En el RITE establece que en las oficinas la temperatura no debe estar por debajo de 21°C, mientras que en invierno debe ser menos de 26°C, y establece un margen de temperaturas para verano e invierno, siendo estos de entre 21°C y 23°C y en invierno entre 23°C y 25°C (Tabla 3). Todo esto teniendo en cuenta la temperatura en el exterior de las oficinas, de modo que no suponga un contraste excesivo en la entrada y salida de las oficinas [3].

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23-25	45-60
Invierno	21-23	40-50

Tabla 3 Temperaturas operativas y porcentaje de humedad recomendado según la estación del año [3].

2.3.2.1 Escalas de la temperatura

Existen diferentes tipos de escala a la hora de medir la temperatura. Los más usados son:

- **La escala Celsius:** conocida también como escala centígrada. En esta escala el punto de ebullición del agua equivale a 100°C y el punto de congelación del agua son 0°C.
- **La escala Fahrenheit:** utilizada en la mayoría de países de habla inglesa. En esta escala el punto de ebullición del agua está en los 212°F y el punto de congelación del agua en 32°F.
- **La escala Rankine:** establece el cero absoluto en el punto de temperatura donde una masa no desprende calor alguno, esta temperatura en la escala Celsius son -273,15 °C.
- **La escala Kelvin:** Esta escala mide la temperatura termodinámica, carece de valores por debajo de cero debido a que es definida al medir en Fahrenheit sobre el cero absoluto [9].

La siguiente figura (Figura 2-7) muestra una comparativa entre las diferentes escalas de temperatura de una forma más visual.

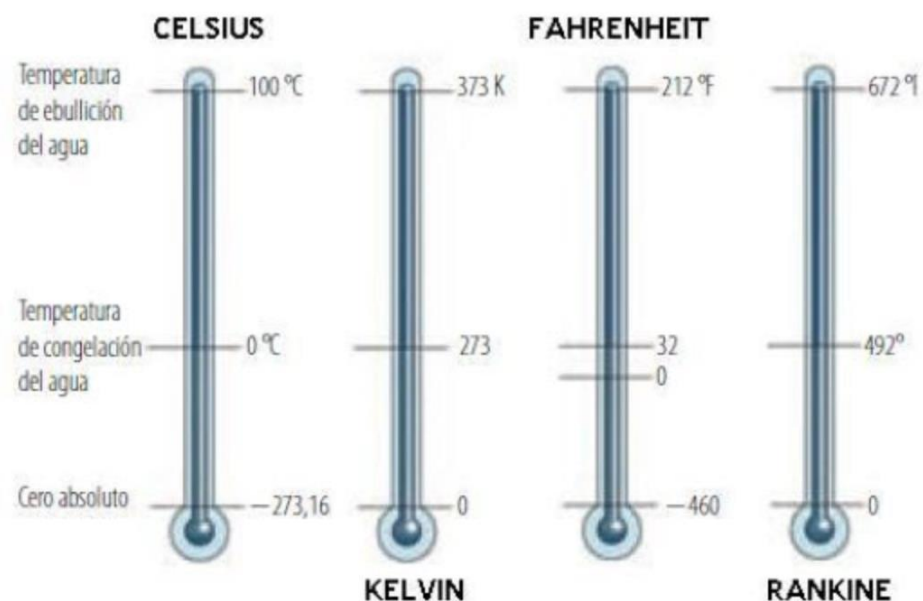


Figura 2-7 Comparativa de las diferentes escalas de temperatura [9].

2.3.2.2 Instrumentos de medición de la temperatura

- **Termómetros por infrarrojos:**
Estos termómetros permiten medir temperaturas en lugares donde otros instrumentos de medición no pueden ser usados, especialmente en mecanismos en movimiento o rodeado por un campo magnético, debido a que un termómetro por infrarrojos permite medir la temperatura sin necesidad de hacer ningún tipo de contacto. Su diseño emplea una lente

que enfoca los rayos de infrarrojos a un pirómetro (Figura 2-8), el cual, convierte la energía aportada por dichos rayos en una señal eléctrica que puede posteriormente registrar unidades de temperatura al ser compensada con la diferencia con la temperatura ambiente [10].



Figura 2-8 Termómetro por infrarrojos [10].

- **Termómetros de contacto:**

Estos instrumentos (Figura 2-9) de medición necesitan un contacto físico con el objeto a medir, consta de una cadena termométrica, definida por un termistor, un indicador donde se imprime por pantalla el resultado y un sensor termopar. La temperatura obtenida será una temperatura puntual, por lo que podrá haber un gradiente de diferentes temperaturas en diferentes partes de la superficie del objeto a medir [11].



Figura 2-9 Termómetro de contacto [11].

- **Cámaras termográficas:**

Estos instrumentos (Figura 2-11) se basan en la ingeniería de la termografía, esta, es un proceso por el cual hace visible a través de una pantalla la radiación de luz infrarroja (Figura 2-10) no apreciable por el ojo humano (radiación de calor), que emite un objeto. La medición de la temperatura con este instrumento es aplicable sobre áreas.

Es un instrumento especialmente útil para detectar pérdidas térmicas y determinar fuentes de calor.

Estas cámaras muestran en una paleta de colores la diferencia entre las radiaciones emitidas por los distintos objetos presentes; como la radiación de rayos infrarrojos es directamente proporcional a la temperatura, nos permite medir la temperatura. Cabe destacar su uso en la edificación ya que nos permite determinar el aislamiento térmico, fundamental para un sistema eficiente y para la búsqueda de un confort térmico ideal [12].

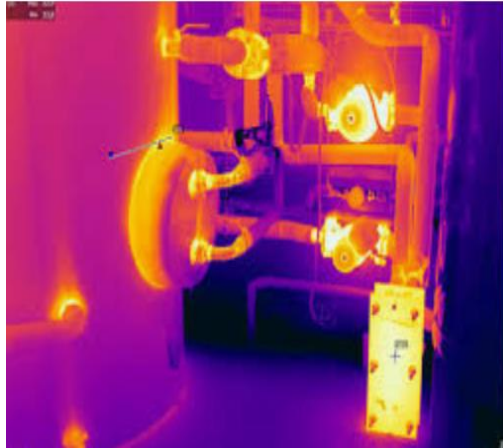


Figura 2-10 Imagen tomada por una cámara termográfica [12].



Figura 2-11 Cámara termográfica [13].

- **Registradores de temperatura:**

Son instrumentos diseñados para registrar y monitorizar la temperatura y humedad de una estancia. Son utilizados principalmente en aquellos lugares donde el confort térmico desarrolle una función elemental.

Los registradores de la temperatura (Figura 2-12) no solo muestran la temperatura y humedad de forma puntual, sino que permiten almacenar de manera programada y continua los datos registrados para incluso posteriormente extraer sus datos y poder analizarlos.



Figura 2-12 Registrador de temperatura [14].

- **Sensores de temperatura:**

Un sensor de temperatura es un instrumento capaz de convertir los cambios de temperatura en voltaje en forma de señales eléctricas, para posteriormente ser procesado por equipos electrónicos.

Este instrumento está compuesto de un elemento sensor y una capucha protectora, entre ambos existe un relleno de un material altamente conductor, de esta forma, las señales eléctricas serán transmitidas rápidamente al elemento sensor.

Son utilizados para medir la temperatura superficial de un objeto (mediante sensores de temperatura de contacto), o la temperatura del aire; los sensores de temperatura que no necesitan contacto miden la radiación térmica que emite una fuente de calor, mientras que los sensores de temperatura por contacto incluyen termopares y termistores que deben estar en contacto con el objeto a medir para poder registrar su temperatura [15].

2.3.2.2.1 Tipos de sensores de temperatura:

- **Termopares:** el sensor de temperatura termopar (Figura 2-13) está compuesto por la unión de dos tiras de metales distintos (normalmente hierro y cobre), una de estos metales hace de temperatura de referencia, mientras que el otro representa la temperatura de medición. Cuando se produce un aumento de temperatura en la unión termopar, se induce un voltaje en el extremo de ambos metales [16].



Figura 2-13 Esquema de un termopar [16].

- **Termistores:** estos sensores (Figura 2-14) están compuestos de un material semiconductor, con una alta sensibilidad a la temperatura. Cuando la temperatura aumenta, la resistencia del termistor disminuye, de esta forma es detectable dicho incremento de temperatura [16].



Figura 2-14 Termistor [17].

- **Detectores de temperatura resistiva:** Estos sensores ((Figura 2-15) transforman una variación de temperatura en una variación de resistencia eléctrica, de esta forma, cuentan con una resistencia que, ante cambios de temperatura, cambia su valor resistivo.



Figura 2-15 Sensor de temperatura resistiva [18].

- **Sensores de temperatura por infrarrojos:** a partir de la radiación térmica del objeto a medir, estos dispositivos (Figura 2-16) miden de forma indirecta la temperatura. La energía térmica desprendida por el objeto es convertida en una señal eléctrica.



Figura 2-16 Sensor de temperatura por infrarrojos [19].

2.3.3 Humedad

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. El porcentaje de humedad, o de vapor de agua en el aire, depende de diferentes factores como puede ser la temperatura media del aire en la zona, la composición de las masas de aire arrastradas por el viento, las tasas de evaporación, etc.

En la siguiente figura (Figura 2-17) se puede apreciar una comparación entre diferentes porcentajes de humedad en el ambiente.

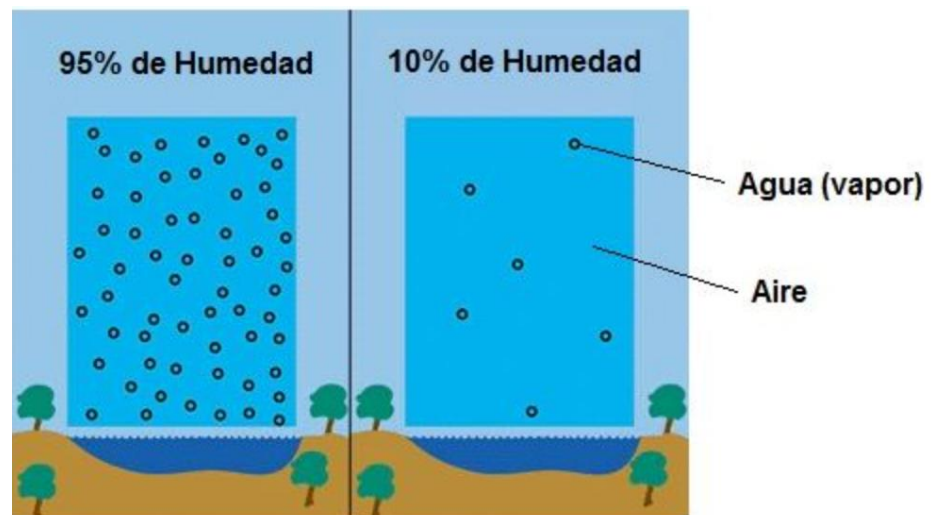


Figura 2-17 Comparativa entre diferentes porcentajes de vapor de agua en el aire [20].

2.3.3.1 La humedad relativa, absoluta y específica

Diversos parámetros son utilizados para determinar la cantidad de vapor en el aire ambiente, entre estos están la humedad relativa, la humedad absoluta y la humedad específica.

- **La humedad relativa** hace referencia a la cantidad de vapor de agua en una masa de aire comparado con la máxima humedad, manteniendo la misma presión y temperatura, que podría soportar dicha masa de aire sin que se condense. Esta forma de medir la humedad expresa de una manera muy precisa cuánta capacidad tiene una masa de aire de soportar vapor de agua, que, llevado a términos de confort en

las personas, se traduce en la capacidad que tiene una persona de regular la temperatura corporal mediante la transpiración [21].

- **La humedad absoluta** hace referencia al peso que tiene el vapor de agua por unidad de volumen. Normalmente es medida en gramos por metro cúbico.
- **La humedad específica** es el peso que tiene el vapor de agua por unidad de aire seco, en vez de medirse en gramos por metro cúbico como la humedad absoluta, se mide en gramos por kilogramos de aire seco.

2.3.3.2 Cómo afecta la humedad a las personas e instalaciones

El cuerpo humano evapora sudor regulando la temperatura corporal, y de esta forma disipa el calor interno. La baja humedad relativa que podemos encontrar en un ambiente de invierno causa que, a una temperatura de un rango desde los 20°C a los 23°C, se evapore el sudor y de esta forma percibamos una sensación térmica menor de la que deberíamos a dicha temperatura.

Por otro lado, en un ambiente veraniego, en las estancias que mantienen una humedad relativa por encima de la recomendada causa que el cuerpo no sea capaz de evaporar dicho sudor, por lo que no disipamos el calor interno, lo que crea un confort térmico nefasto para un ambiente de trabajo.

La sequedad de la piel afecta directamente a las funciones metabólicas del cuerpo, incluyendo entre estas la inhalación de aire, la evaporación del sudor, el calor corporal, etc. La sequedad de la piel se debe a una evaporación excesiva del sudor segregado por el cuerpo, esta evaporación excesiva provoca que los capilares no sean capaces de reponer el vapor de agua evaporado, de esta forma pueden llegar a existir numerosos problemas de piel.

En una estancia donde se encuentra un margen de humedad elevado respecto a lo recomendado, se establece un ambiente favorable para la supervivencia de microorganismos. En una estancia con una gran humedad, los hongos, para sobrevivir, lanzan esporas, impidiendo el crecimiento de otros hongos que puedan poner en peligro su existencia. Estas esporas son responsables del típico olor a humedad. Por otro lado, en una estancia con un porcentaje de humedad muy bajo, se secan las mucosas, que son las encargadas de crear una frontera entre los agentes nocivos del exterior y el interior de nuestro organismo. En la siguiente figura (Figura 2-18) se puede observar el rango óptimo de porcentaje de humedad relativa, en el que la existencia de bacterias, virus, hongos, etc., disminuye considerablemente.

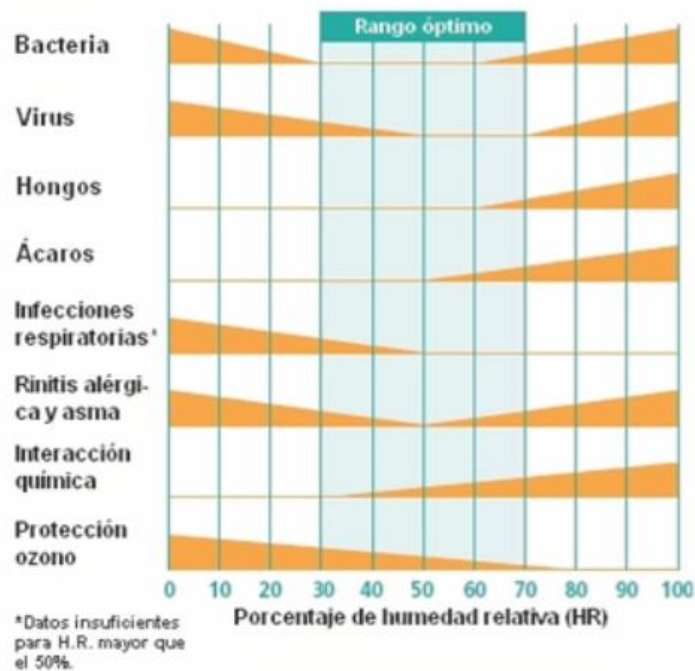


Figura 2-18 Rango óptimo de humedad relativa [22].

Por otra parte, el aire con una humedad relativa no adecuada puede ser perjudicial para los equipos informáticos, cuando en una estancia existe una humedad relativa con un porcentaje por debajo del 45%, se acumulan cargas electrostáticas, que mediante la fricción de ciertos elementos, se acumula una electricidad que no solo se puede llegar a afectar a equipos informáticos tales como los ordenadores, originando fallos en los circuitos, roturas en soportes magnéticos, o una acumulación de polvo excesiva dañina en ciertos elementos de hardware, sino que una persona puede llegar a recibir una descarga.

Muchas veces nos encontramos con que el consumo de un equipo encargado de regular la humedad y temperatura de una estancia es elevado, normalmente esto se debe a una evacuación de vapores condensados excesiva. Gran parte de este consumo es destinado no solo a bajar la temperatura del aire, sino a deshumidificarlo. Este consumo dedicado a la deshumidificación conlleva un gran gasto energético, que es proporcional a el gasto económico, el cual puede verse reducido con la regulación de la humedad en el impulso del aire primario enviado mediante la unidad de tratamiento de aire de la instalación. Este enfoque de ahorro en el consumo eléctrico es de elevada importancia debido a que según un estudio realizado por la Directiva 2002/91/CE de la Unión Europea, el 40% de la energía consumida en edificios es debida a los equipos de climatización.

Un exceso de humedad corroe los metales que se encuentran en un edificio, siendo estos tanto estructurales como ornamentales. Esto se debe a los flujos de corriente a través de un metal que viajan de zonas de mayor a menor potencial. Dichos flujos de corriente se acentúan debido a la película de agua creada por la condensación de la humedad que se encuentra en el aire que está en contacto con las diferentes superficies metálicas.

Por tanto, mantener un porcentaje de humedad relativa es importante desde el consumo energético, la corrosión y conservación de equipos, hasta la propia salud de los trabajadores.

Los límites establecidos por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios deben ser adoptados para poder evitar los diferentes problemas anteriormente mencionados [22].

2.3.3.3 Medición de la humedad

- **Higrómetro de contacto**

El higrómetro de contacto (Figura 2-19) es un instrumento que tiene por objetivo determinar, haciendo contacto como el propio nombre indica, la humedad en la superficie de un material mediante sus dos electrodos, el porcentaje de humedad se visualiza posteriormente en el display del propio higrómetro.



Figura 2-19 Higrómetro de contacto [23].

- **Higrómetro de aire**

El higrómetro de aire (Figura 2-20) es utilizado para determinar, a la vez que la temperatura, la humedad relativa presente en el aire, para, de esta manera, determinar el punto de rocío del aire.

El punto de rocío determina la temperatura a la que se condensa el aire, produciendo humedad [20].



Figura 2-20 Higrómetro de aire [24].

- **Sensores de humedad capacitivos**

Estos sensores (Figura 2-21) determinan la humedad relativa basándose en el efecto capacitivo. Está compuesto de unos platos paralelos con electrodos porosos, entre ambas placas está relleno de un material dieléctrico, que absorbe o elimina la humedad presente en el ambiente con los cambios de la cantidad de vapor de agua. Estos cambios de la constante dieléctrica del material producen un cambio en el valor de la capacitancia eléctrica, el cual resulta en una impedancia variante con la humedad [25].

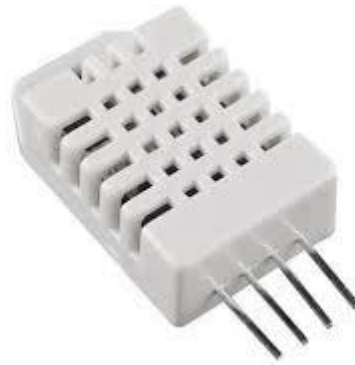


Figura 2-21 Sensor de humedad DHT22 [26].

2.3.4 Presión

La presión es una magnitud que determina el efecto deformador de una fuerza, expresada como fuerza ejercida por unidad de superficie.

$$P = \frac{F}{S}$$

Esta magnitud se puede expresar en diferentes unidades:

- Pascales (Pa); es la medida del sistema internacional, determina la fuerza ejercida por un newton sobre un metro cuadrado.
- Kilopondios por centímetro cuadrado (kp/cm²); Es la medida más utilizada en la industria, donde 98000 Pa equivalen a 1 kp/cm².
- Bares (bar); es un término comúnmente utilizado en el sector de la meteorología, 100000 Pa equivalen a 1 bar.
- Milímetros de mercurio (mmHg) esta expresión determina la presión ejercida sobre una columna de un milímetro de altura de mercurio. 1 mmHg equivale a 101325 Pa [27].

2.3.4.1 Tipos de presión

- **Atmosférica:** Es la presión que ejercen los gases que componen la atmósfera sobre la superficie de la tierra.
Dicha presión es indirectamente proporcional a la altura con respecto al nivel del mar menos masa de aire se encuentra por encima, por lo que dicha presión atmosférica disminuye.
- **Absoluta:** Es el valor de presión referido al vacío o al cero absoluto. Representa la presión total que tiene un cuerpo teniendo en cuenta todas las presiones actuando sobre él.
Desde este punto de vista, todos los cuerpos poseen presión atmosférica, más la posible presión que puedan sufrir mediante cualquier otra fuerza.
- **Hidrostática:** es aquella presión que experimentan los fluidos debido a la columna de agua del propio fluido.
- **Manométrica:** También conocida como presión relativa, debido a que es medida sobre la presión atmosférica (siendo esta última el cero relativo). Es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica.
Recibe este nombre debido a que se mide usando un manómetro [27].

En la siguiente figura (Figura 2-22) se puede apreciar de una forma más visual la diferencia entre los diferentes tipos de presión.

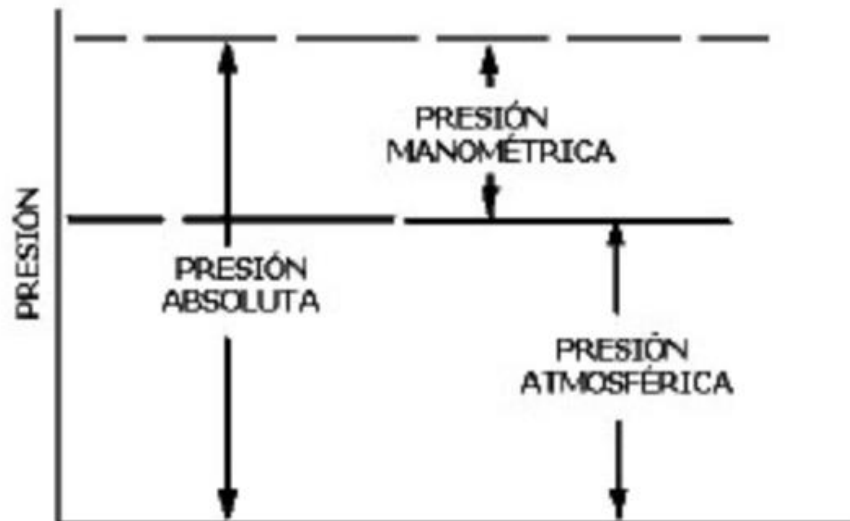


Figura 2-22 Diferencia gráfica entre las diferentes presiones [9].

2.3.4.2 Medición de la presión

Los distintos instrumentos usados para medir la presión tienen en común que poseen un elemento que varía en función de la presión a la que esté sometido. Dicha variación es posteriormente registrada y calibrada para su posible evaluación.

Hay un gran repertorio de instrumentos para medir la presión, a continuación, serán expuestos los más relevantes.

- **Manómetro diferencial:**

Este instrumento (Figura 2-23) mide la diferencia de presión manométrica que existe entre dos puntos. Por lo general este instrumento cuenta con dos entradas conectadas cada una a un punto de presión.



Figura 2-23 Manómetro diferencial [28].

- **Vacuómetro:**

Este dispositivo es usado para medir presiones por debajo de la presión atmosférica, es decir la presión de vacío. Funciona con valores máximos y mínimos de presión, a partir de estos, un sistema de engranajes es accionado, permitiendo el movimiento de la aguja, marcando el nivel de presión.

Existen diferentes tipos de vacuómetros, como el vacuómetro de Bourdon, el vacuómetro en U de mercurio, o el vacuómetro de McLeod [29].

- **Fuelle:**

Este instrumento (Figura 2-24) está compuesto por un material elástico en forma de acordeón, capaz de medir la presión, al desplazar una aguja indicadora del resultado al estirarse debido a la presión aplicada o medida.

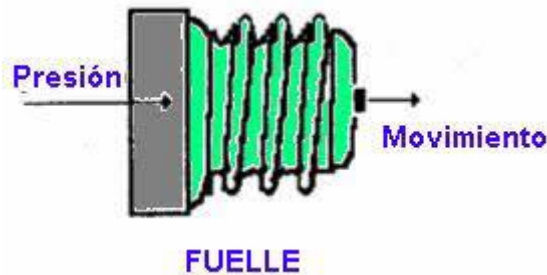


Figura 2-24 Fuelle [30].

- **Sensores de presión:**

Estos sensores (Figura 2-25) están diseñados para medir la deformación elástica sufrida por un material debido a la presión en forma de una señal eléctrica.

Dentro de los sensores de presión, el más utilizado es el sensor de presión capacitivo, estos, registran la presión a medir al sufrir cambios en la capacitancia eléctrica causada por un diaphragma que sufre desplazamientos debido a la presión [28].

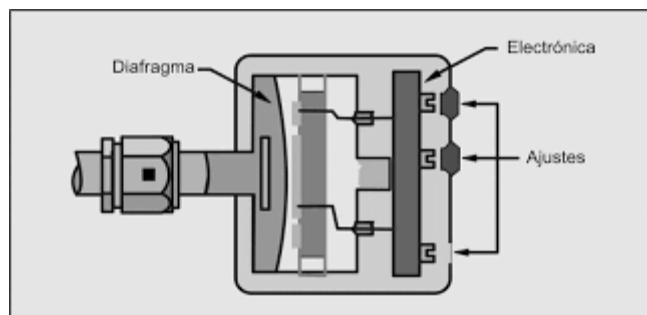


Figura 2-25 Sensor de presión capacitivo [28].

2.4 Equipos de adquisición de datos para la monitorización de parámetros

Un datalogger es un dispositivo electrónico, normalmente de un tamaño pequeño, para monitorizar y registrar datos por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente, proporcionando datos como temperatura, humedad, presión o el caudal. Los dataloggers son esenciales para un sistema de medición y adquisición de datos, debido a que estos graban durante días, meses, o años de forma ininterrumpida, ofreciendo un registro de datos para su posterior estudio y análisis.

Estos dispositivos tienen la característica de ser autónomos, normalmente funcionan mediante baterías convencionales recargables, aunque también existen modelos que pueden conectarse a una fuente eléctrica externa. Entre las diferentes capacidades de un datalogger se puede destacar su capacidad de almacenamiento, el cual puede ser interna, disponiendo en el propio dispositivo de un espacio para una tarjeta microSD, de donde se almacenarían los datos en local, dependiendo del modelo de datalogger puede disponer de una entrada USB o de una salida de cable de datos ethernet, con un software integrado capaz de leer y procesar datos [31].

Los dataloggers son catalogados en base a el tipo de interfaz de comunicación que utilizan, se pueden diferenciar tres tipos diferentes:

- **USB dataloggers:** este tipo de datalogger dispone de una conexión USB donde se conecta un ordenador para extraer datos, cabe destacar que estos son hoy en día muy utilizados debido a que la inmensa mayoría de ordenadores disponen de un puerto de entrada destinado a un USB. Además, cuentan con la ventaja de que puede ser móvil para que pueda ir a su registrador y descargar fácilmente los datos en el campo, en lugar de tener que sacar su registrador fuera de servicio para conectarse a un PC. La mayoría de los registradores de datos USB vienen con un software diseñado para agilizar el proceso de descarga y ofrecer una plataforma fácil de usar para el análisis y la presentación de informes [31].
- **WiFi dataloggers:** este tipo de dispositivo utiliza la red WiFi como interface de comunicación, la mayoría de dataloggers de este tipo suben automáticamente las lecturas de datos a un sistema de almacenamiento de datos en línea, mientras que otros cargan los registros en un dispositivo conectado a un mismo WiFi local, como un ordenador con un software de registro de datos instalado, de cualquier manera, estos tipos de dataloggers no necesitan de ninguna entrada de un usuario para transferir datos del datalogger a la nube o a un ordenador. Otra ventaja clave de los registradores de datos conectados a una red WiFi es que por lo general se puede conectar un gran número de dispositivos en un sistema, lo que les da acceso a todos los datos de varios dispositivos, desde múltiples ubicaciones [31].
- **Bluetooth dataloggers:** de la misma forma que los USB dataloggers, los registradores de datos bluetooth almacenan inicialmente los registros de los datos en el propio dispositivo, listos para ser recogidos por el usuario. La recopilación de datos implica el uso de un software para poder transferir y recoger los datos vía Bluetooth [32].

2.5 El internet de las cosas

El término Internet de las cosas o *Internet of Things* en su versión inglesa, está muy presente en el día a día debido a el mundo continuamente interconectado en el que vivimos.

Este término consiste en la conexión mediante internet de dispositivos y objetos, donde existe una interacción entre estos, conectándose a internet en cualquier momento y lugar que se encuentren. Los diferentes objetos y dispositivos que se conectan los unos con los otros pueden ser desde televisiones inteligentes, teléfonos móviles y ordenadores, hasta pequeños sensores, objetos cotidianos del día a día, como un frigorífico, una puerta o una bombilla.

De este concepto nace el nombre de internet de las cosas, ya que cualquier objeto puede ser modificado para que pueda comunicarse a su vez con otros mediante internet (Figura 2-26). Un ejemplo de esto son los muy usados hoy en día aspiradores inteligentes o el control de la calefacción, que, mediante una aplicación de un teléfono móvil, pueden ser configurados y comandados.

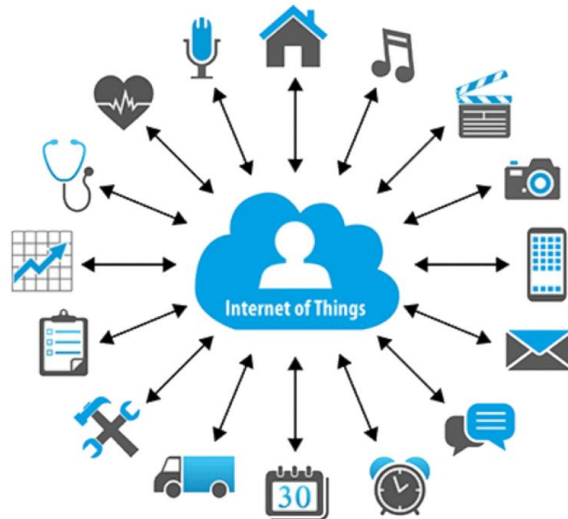


Figura 2-26 El internet de las cosas [33].

Este concepto ha ido evolucionando a lo largo de esta última década, rebajando el coste y el consumo de una manera considerable, gracias a esto, la fabricación de estos dispositivos electrónicos inteligentes requiere un coste de fabricación pequeño [34].

El internet de las cosas es una tecnología en auge muy interesante que permite transmitir los datos de sensores en tiempo real a equipos en la nube. Por el contrario, esto requiere establecer una serie de especificaciones de diseño que incluyen equipos de medición, transmisión de datos, recepción de datos, seguridad de comunicaciones, almacenamiento en la nube, entre otros.

De las distintas aplicaciones que existen hoy en día, una de las más relevantes y que está fuertemente ligada con este proyecto, es la monitorización de parámetros de un entorno que condicionan el rendimiento de una actividad.

Mediante sensores integrados con la tecnología del internet de las cosas, distintas magnitudes de entrada, como temperatura, humedad, presión o caudal, son transformadas en señales eléctricas, siendo estas almacenables e interpretables por un ordenador, para su posterior análisis.

2.6 Descripción de una UTA

Las siglas UTA hacen referencia a Unidad de Tratamiento de Aire, estas unidades controlan de forma completa la calidad del aire en interiores, en lo referido a el filtrado del aire, la temperatura, el aporte exterior de aire y la humedad.

En su forma más simple, una unidad de tratamiento de aire consiste en un ventilador soplando aire a través de un filtro e intercambiando calor. Para hacer esto el ventilador extrae aire sin acondicionar de una estancia cerrada dentro de un edificio, como una oficina, un aula, un pasillo, etc. De la misma forma, la mayoría de ventiladores también captan aire del exterior para renovar el aire de la estancia, de forma que no sea el mismo aire el que es recirculado una y otra vez a la misma estancia, de esta forma, la UTA asegura un aire limpio y renovado [35].

No en todos sitios se necesita el mismo tipo de UTA, el factor fundamental que rige el modelo a utilizar es el espacio disponible para esta instalación en el inmueble. Podemos diferenciar dos modelos principales de unidades de tratamiento de aire, según su tamaño y sencillez de instalación:

- **Unidades de tratamiento de aire modulares:** (Figura 2-27) Son unidades de un tamaño considerable, por lo que normalmente suelen estar ubicadas en las cubiertas de los edificios, o en una estancia únicamente destinada a la instalación de la misma, siempre que tenga ventilación directa al exterior, para, de esta manera, realizar la toma y expulsión de aire.



Figura 2-27 Unidad de tratamiento de aire modular [36].

- **Unidades de tratamiento de aire compactas:** este modelo de UTA (Figura 2-28) es el más común, más económico y sencillo que las modulares, consiste de un único módulo donde están ubicadas las diferentes etapas destinadas a el tratamiento del aire. Por lo general, suelen estar ubicadas en un falso techo, o directamente en el exterior del edificio.



Figura 2-28 Unidad de tratamiento de aire compacta [37].

Estas unidades de tratamiento de aire, por lo general, son empleadas en aquellas zonas donde es necesaria una calidad de aire óptima para asegurar un nivel de higiene en el ambiente interior, y donde se precise controlar con precisión las condiciones de control constantemente, las unidades de tratamiento de aire pueden emplearse en:

- La climatización en espacios grandes con sistemas centralizados con una densidad de gente elevada, como puede ser una escuela, un auditorio, o zonas comunes de hoteles.
- El aporte de aire destinado a la ventilación a zonas cuyos equipos de climatización no son diseñados con un aportador de aire de ventilación.
- La climatización de zonas menores, que requieren un elevado nivel de confort e higiene, como puede ser un laboratorio o un quirófano.

Las unidades de tratamiento de aire deben cumplir con diversas normativas energéticas, entre las más importantes está la directiva de Ecodiseño 1253/2014 en relación a las UTAs que está vigente desde el año 2016.

Son sistemas eficientes desde el punto de vista energético, son capaces de regular el caudal aportado de aire en función de los niveles de CO₂ presentes en el ambiente de la estancia donde se pretende tratar el aire, también se puede regular el caudal total según la temperatura, mediante variadores de frecuencia.

Un factor determinante para que puedan ser energéticamente eficientes es que realizan un freecooling (enfriamiento gratuito), la oportunidad de usar el propio aire exterior, sobre todo en las estaciones de primavera y otoño, proporciona un ahorro de energía y al mismo tiempo mejora la calidad de aire interior. En condiciones favorables, en las que la temperatura exterior está por debajo de la temperatura del aire de retorno, la propia compuerta de aire exterior será la primera etapa de enfriamiento [38].

La regulación del caudal del aire permite un ahorro energético, siendo capaz de variar dependiendo de la necesidad en diferentes épocas del año.

Para describir el funcionamiento de estas unidades de tratamiento de aire, se describe a continuación las secciones críticas de estas instalaciones.

- **Sección de ventilación:**

Formado principalmente por un ventilador (Figura 2-30) cuyo cometido principal es crear el flujo de aire haciéndolo circular desde la unidad de tratamiento de aire, debe tener la potencia suficiente como para superar todas las pérdidas de presión de los conductos de distribución de aire y en la unidad de tratamiento de aire. Este ventilador es impulsado por una correa de transmisión, impulsada a su vez por un motor eléctrico. Debido a que el elemento principal de la ventilación es el aire, esta parte de la UTA es conocida como el corazón de la unidad.



Figura 2-29 Ventilador de aire centrífugo [39].

La mayoría de ventiladores son ventiladores centrífugos, estos, son capaces de generar las altas presiones de aire que se necesitan para distribuir el aire a través de espacios remotos. Los ventiladores centrífugos a veces son conocidos como ventiladores de jaula de ardilla debido a su apariencia similar a la de una rueda de hámster.

Este ventilador también puede ser tipo plug fan (de enchufe integrado). Un ventilador de enchufe suministra aire en la salida de la sección del ventilador con una velocidad de aire baja y uniforme.

En este tipo de ventiladores es necesaria la incorporación de un variador de frecuencia para conseguir las condiciones de presión-caudal requeridas, así como para poder controlar la velocidad de ventilación y flujo de aire debido a que el acople del motor se hace directamente. El consumo de energía se puede reducir en gran medida al operar el ventilador a menor velocidad.

Mientras que todas las unidades de tratamiento de aire cuentan con un ventilador, algunas tienen también un ventilador de aire de retorno. Estos ventiladores de aire de retorno se

encuentran comúnmente en las UTAs modulares, este es utilizado cuando se necesita superar altas presiones para poder llevar el aire desde el espacio de vuelta a la UTA.

- **Sección de filtrado:**

La función de esta sección es, por medio de un filtro de aire (Figura 2-31), limpiar el aire no acondicionado, ya que es aspirado desde el interior o exterior, pudiendo estar repleto de impurezas. El polvo, la suciedad y virus, bacterias o residuos tóxicos pueden acumularse dentro de la unidad de tratamiento y causar todo tipo de problemas.

El filtro generalmente es colocado antes de diversos componentes de la UTA, como el ventilador. Esto es para asegurarse de que el aire es limpiado antes de interactuar con cualquier otro componente en la UTA. Si el filtro no existiera en estas instalaciones, el rendimiento de la UTA se vería altamente afectado. Esta sección de filtrado sirve también para eliminar partículas de aire que inhalamos al respirar, de manera que sólo el aire puro fluya hacia las estancias destinadas a su acondicionamiento y ventilación.



Figura 2-30 Filtro de aire de una UTA

Dependiendo de la aplicación de la UTA, puede haber más de un conjunto de filtros por los que pase el aire. Comúnmente, las unidades de tratamiento de aire constan de un filtro al principio del recorrido del aire y otro al final, donde un filtro de aire menos eficiente es utilizado para limpiar el aire antes de que el aire pase a través de un filtro final de alta eficiencia. Algunas unidades de tratamiento de aire incluyen dispositivos de control de presión diferencial para medir la caída de presión que el aire sufre al atravesar dichos filtros, cuanta mayor sea la suciedad acumulada en un filtro, mayor será la caída de presión en este, por lo que la manutención de las UTAs es indispensable para obtener una eficiencia óptima.

- **Sección de baterías:**

El cometido de esta sección es acondicionar el aire que pasa a través de ella. Existen diferentes tipos de intercambiadores de calor, en varias formas y tamaños. Pero generalmente se pueden dividir en dos categorías, dependiendo de cómo intercambian el calor con el aire introducido en la estancia destinada a su condicionamiento.

El intercambiador de calor enfriará o calentará el aire de dos maneras distintas:

- Los intercambiadores de calor directos trabajan intercambiando calor directamente con un gas en combustión o un refrigerante. Los calentadores eléctricos son considerados también intercambiadores de calor directos.
- Los intercambiadores de calor indirectos utilizan un fluido intermedio como agua fría o caliente para acondicionar el aire. En este caso, este fluido intermedio actúa como un sistema remoto a la UTA.

Los intercambiadores de calor son construidos comúnmente de aluminio o cobre, con una parte que sobresale de la bobina, esto ayuda a la transferencia de calor del fluido a la corriente de aire. La forma de la bobina generalmente incluye varias vueltas o curvas para permitir la máxima transferencia de calor, generando de esta forma una pasada por cada vuelta.

El fluido en las bobinas (en el caso de enfriamiento), fluye en dirección opuesta al sentido del aire. El agua tanto frío como caliente que entra en la bobina, es introducida desde el

fondo de la bobina y sale a través de la parte superior, mientras que, si el fluido es vapor, entrará por la parte superior de la bobina, de esta forma, cualquier condensado fluirá hacia abajo, impidiendo el flujo de vapor.

- **Sección de recuperación de energía:**

Esta sección permite el intercambio de energía entre el aire de extracción de la estancia y el del exterior.

Podemos diferenciar dos tipos diferentes de recuperación de energía:

- **Recuperación por placas:** Por medio del contacto de las placas metálicas de los conductos de impulsión y extracción de aire, se realiza una transferencia de energía. Este sistema está compuesto por un cubo metálico con cuatro placas metálicas que surcan horizontalmente el cubo metálico (Figura 2-31) (normalmente compuesto de aluminio).

Los intercambiadores de calor de placas solo pueden utilizarse en unidades combinadas, ya que los flujos de aire deben unirse en un solo componente.



Figura 2-31 Recuperador de placas metálicas [39].

Otra forma de recuperar energía mediante aire-aire es por medio de un panel rotativo (Figura 2-32), donde una rueda dividida en dos secciones (una para el aire de impulsión y la otra para el aire de expulsión), que, al girar, cede calor del flujo de aire caliente al frío.



Figura 2-32 Recuperador de panel rotativo [39].

- **Recuperación aire-agua:** Este sistema de recuperación de energía (Figura 2-33) consta de un circuito cerrado de agua que conecta dos baterías; una situada en el conducto de impulsión y otra situada en el conducto de extracción. De esta forma, ambos conductos establecen una transferencia de energía.

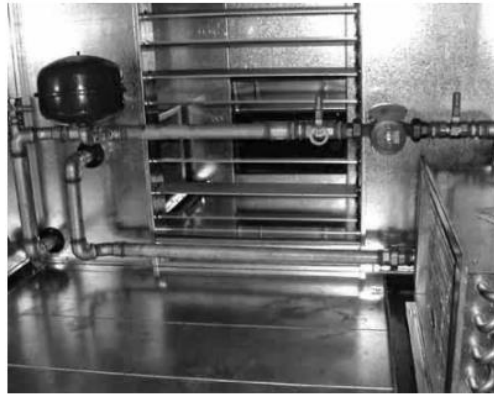


Figura 2-33 Recuperador aire-agua [39].

- **Sección de silenciadores:**

Estos silenciadores están diseñados para minimizar el ruido producido por el ventilador y el flujo de aire. Estos silenciadores están rellenos de lana mineral como material de absorción. Parte de la superficie del divisor que corre paralela al flujo de aire está cubierta con paneles resonantes. Estos paneles comienzan a oscilar debido al sonido (resonancia) y por lo tanto absorben la energía sonora. La resonancia funciona mejor en el rango de frecuencia del ruido producido por el ventilador en vez de la corriente de aire.

- **Sección de mezcla:**

En esta sección está compuesta por varias compuertas que permiten la regulación del aire de impulsión y expulsión de la manera deseada. En esta sección es donde tiene lugar el freecooling anteriormente explicado [39].

En el siguiente esquema (Figura 2-34), se muestran las secciones principales de una unidad de tratamiento de aire.

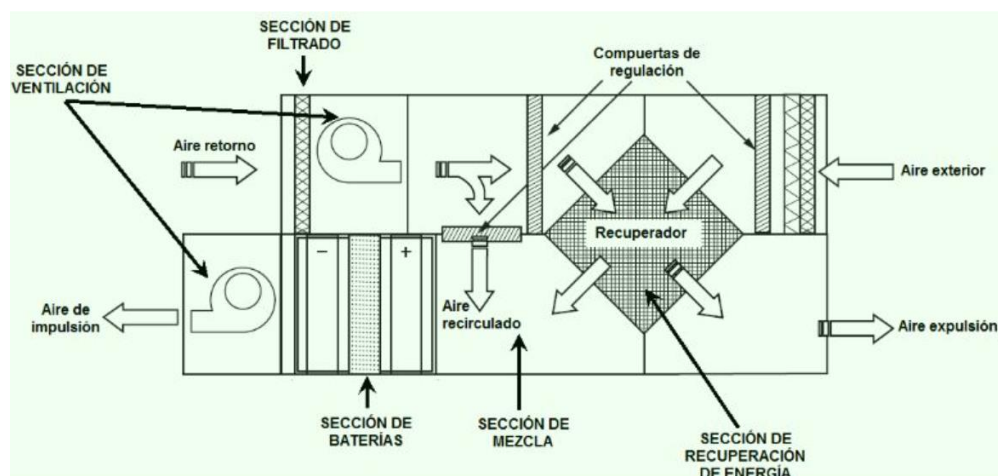


Figura 2-34 Esquema de secciones de una UTA.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Descripción del apartado

En el siguiente apartado se describirá el edificio que será estudiado junto a sus instalaciones de ventilación y climatización con el fin de determinar cuáles son sus parámetros de funcionamiento. Una vez determinados estos parámetros, se expondrá la metodología llevada a cabo para la medición de los mismos.

3.2 Descripción del edificio

3.2.1 Situación y uso

El edificio donde se determinarán los parámetros de funcionamiento y control de la Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) del presente proyecto será en donde actualmente se encuentra ubicado el Centro Universitario de la Defensa dentro de las instalaciones de la Escuela Naval Militar (Figura 3-1), Marín, Pontevedra. Dicho edificio constituye la cara Noreste de un conjunto de edificios que forman el Patio de Aulas de esta Escuela Naval Militar (Figura 3-2).



Figura 3-1 Vista aérea de la Escuela Naval Militar.

En 2010 este edificio sufrió una reforma para habilitarlo para su correcto acondicionamiento y de esta manera cumplir con las exigencias de la normativa actual en lo referido a aislamiento y eficiencia energética. Las obras realizadas en este edificio afectaron únicamente a la parte de la planta baja, en la que se situaba el dormitorio de la guardia de prevención. La planta alta no fue modificada, pero sí se renovó parcialmente su cubierta, la cual presentaba goteras y humedades, donde se dispuso una terraza de instalaciones para este centro asociado.

Como ya dicho, este edificio consta de dos plantas, donde se organizan los despachos y seminarios a ambos lados de un pasillo central, que comunica una escalera y un ascensor, junto a esta escalera se encuentran los aseos masculinos y femeninos.

En la planta baja, a ambos lados de un pasillo central, están distribuidos los despachos y seminarios. Los seminarios de esta planta están destinados a ser aulas de enseñanza para los alumnos

de la Escuela Naval, tienen un tamaño reducido ya que están pensados para acoger a un máximo de doce alumnos. A medida que avanza el pasillo central, se van descubriendo los diferentes despachos de los profesores de esta institución, y posteriormente podemos encontrar una sala reservada para uso específico docente.

La planta superior está destinada a acoger el resto de despachos de los profesores, la secretaría y dirección del Centro Universitario de la Defensa, así como dos salas de juntas y reuniones. Por cada despacho se encuentran normalmente dos o tres profesores, exceptuando los despachos de dirección que son individuales y la secretaría del centro donde hay cinco personas trabajando.



Figura 3-2 Edificio administrativo para el centro adscrito Universitario de la Defensa

3.2.2 Características técnicas

Las características técnicas tomadas en cuenta para el presente proyecto y para el cálculo de los posteriores parámetros será la envolvente exterior y la compartimentación interna del edificio, ya que lo que realmente interesa en este proyecto son los volúmenes de cada estancia, que determinarán el caudal necesario de aire de renovación necesario para cumplir con las renovaciones por hora necesarias para una correcta ventilación.

Como anteriormente descrito, el edificio posee dos plantas, la planta baja tiene 5,45 metros de altura libre, mientras que la primera planta tiene una altura libre de 4,52 metros. La longitud del edificio de Este a Oeste es de 50 metros, el ancho de la planta baja es de 12 metros, mientras que el de la primera planta es de 15,5 metros. Esta diferencia en el ancho entre ambas plantas recae en que en la cara Sur de la planta baja existen unos soportales (Figura 3-3), que son parte del patio de aulas, con una anchura de 3,5 metros.



Figura 3-3 Vista de la cara sur del edificio desde el patio de aulas

La planta baja cuenta con un total de 531,3 metros cuadrados útiles de los 664 metros cuadrados de superficie construida, mientras que la primera planta dispone de 685,7 metros cuadrados útiles de los 769,4 metros cuadrados de superficie construida.

En la siguiente tabla (Tabla 4) se muestra una comparativa entre la superficie útil, superficie construida y el volumen medio de cada estancia entre la primera planta y la planta baja del edificio en cuestión.

	Superficie útil	Superficie construida
Planta baja	531,3 m ²	664 m ²
Primera planta	685,7 m ²	769,4 m ²
Volumen estancia	95,48 m ³	128,62 m ³

Tabla 4 Comparación de superficie útil y superficie construida de cada planta

Lo que supone que las estancias de la planta baja de media tengan una superficie media de 17,52 metros cuadrados, que, por una altura de 5,45 metros, resulta en un volumen medio de estancia de 95,48 metros cúbicos. Por el otro lado, las estancias de la primera planta tiene de media una superficie de 28,46 metros cuadrados, que por una altura de 4,52 metros resulta un volumen medio por estancia de 128,62 metros cúbicos.

3.3 Sistema de climatización

El edificio cuenta con un sistema de aire acondicionado con una instalación formada por una bomba de calor aire-agua, una red de tuberías de agua fría o caliente y un sistema de fancoils de zona, instalados en el falso techo de cada local destinado a su acondicionamiento.

3.3.1.1 Bomba de calor

Esta bomba de calor (Figura 3-4), en verano e invierno, proporciona el frío y el calor necesarios para mantener una temperatura óptima en el edificio, aprovechando el clima marítimo templado de Marín.

Dicha bomba es de tipo aire-agua, compacta de intemperie, instalada en la azotea del edificio. Dispone de un grupo hidráulico con bombas y sistemas de seguridad para la impulsión del agua tratada.



Figura 3-4 Bomba de calor aire-agua del edificio

Esta bomba de calor es el modelo NRL 0650 H AR de la empresa AERMEC, compuesta por dos circuitos de refrigeración y un circuito hidráulico. Las enfriadoras NRL que esta bomba posee tienen la capacidad de gestionar la capacidad de refrigeración.

Dispone también de un microprocesador que regula electrónicamente el funcionamiento y la gestión de los diferentes parámetros de funcionamiento.

En las estaciones más calurosas, a la hora de enfriar el agua, tiene un límite de temperatura externa de 46°C y puede producir agua a 18°C. En las estaciones más frías, el límite de temperatura externa se establece en los 42°C, siendo capaz de calentar el agua hasta los 55°C.

En la siguiente tabla (Tabla 5) se muestran las características de la bomba de calor.

Capacidad de enfriamiento	138 kW
Poder de enfriamiento total	44,6 kW
Caudal de agua en enfriamiento	23740 l/h
Capacidad de calefacción	152 kW
Poder de calefacción total	44,9 kW
Caudal de agua en calefacción	26140 l/h
EER ¹	2,89
ESEER ²	4,26
COP ³	3,39
Fuente de alimentación	400 V-3N-50 Hz
Capacidad almacenado tanque	500 l

Tabla 5 Características de la bomba de calor

En las siguientes figuras (Figura 3-5, Figura 3-6) está esquematizada (en rojo) las tuberías de acero de impulsión y (en azul) las de retorno por el cual la bomba de calor suministra agua calentada o enfriada tanto a los fancoils como a la unidad de tratamiento de aire de cada planta.

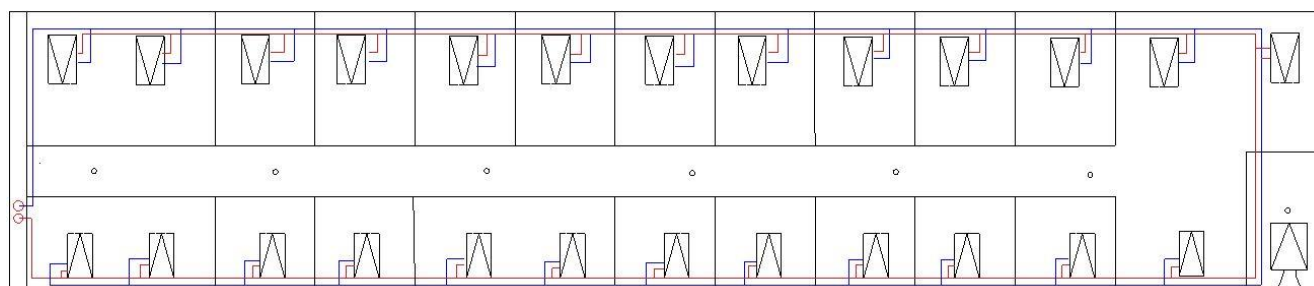


Figura 3-5 Esquema de aporte de agua de la bomba de calor para la climatización de la planta baja

¹ EER: Índice de eficiencia energética

² ESEER: Ratio de eficiencia energética estacional

³ COP: Coeficiente de rendimiento

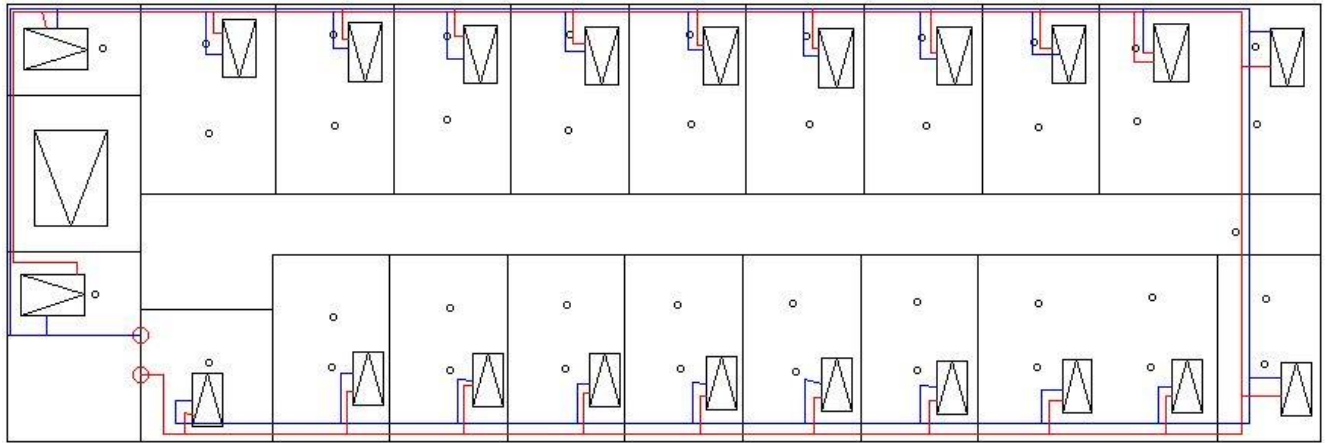


Figura 3-6 Esquema de aporte de agua de la bomba de calor para la climatización de la primera planta

3.3.1.2 Fancoils de techo, difusores de aire y mando climatizador para cada estancia

A lo largo de la primera planta, en las diferentes estancias podemos encontrar, instalados en el falso techo de cada una, uno o dos fancoils de techo (Figura 3-7), dependiendo del tamaño del esta. Estos fancoils de techo son del modelo FCX-P de la empresa AERMEC.



Figura 3-7 Fancoil de techo modelo FCX AEMEC [40].

Estos fancoils están formados por un filtro, un ventilador y su correspondiente intercambiador de calor. Tienen como función calentar la estancia en invierno, y enfriarla en verano. Cuando el fancoil es alimentado de agua fría destinada para la refrigeración, proporciona un aire seco y limpio en un tiempo óptimo, mientras que, si son alimentados con agua caliente, destinada a la calefacción del edificio, proporcionarán un calor limpio y económico durante las estaciones de frío.

Esta agua caliente o fría destinada para la climatización de las estancias es proveniente de la bomba de calor, que la impulsa hasta llegar a la sección de baterías de estos fancoils. Posteriormente, el fancoil absorbe el aire del falso techo, y mediante un intercambio de calor indirecto con las tuberías de agua proveniente de la bomba de calor, enfría o calienta el aire que es redistribuido por la estancia.

En la siguiente imagen (Figura 3-8) se muestra el falso techo de una estancia del edificio, donde podemos encontrar dicho fancoil, así como las anteriormente mencionadas tuberías de agua enfriada o calentada proveniente de la bomba de calor.



Figura 3-8 Instalación del fancoil en el falso techo

Pero no todos son del mismo modelo específico, ya que, en función de donde estén ubicados dentro del edificio, serán de un modelo u otro, y aportarán distinta potencia frigorífica, así como una diferente potencia calorífica. En la tabla a continuación (Tabla 6), quedan registrados los datos de cada modelo de fancoil de techo que se encuentra en este edificio.

Tipo	Modelo	Potencia frigorífica (W)	Potencia calorífica (W)	Diámetro de impulsión	Diámetro de retorno
1	FCX-P 22	1500	2100	1/2"	1/2"
2	FCX-P 32	2210	3160	3/4"	3/4"
3	FCX/P 42	3400	4240	3/4"	3/4"

Tabla 6 Diferencias básicas entre los distintos modelos de fancoils

Los fancoils de la cara sur de la planta baja son del tipo 3 (FCX-P 42), mientras que los de la cara norte son del tipo 1 (FCX-P 22), exceptuando el último seminario a la derecha de la planta baja, que también es del tipo 3 (FCX-P 42).

La bomba de calor conecta con los fancoils suministrando agua fría o caliente por medio de una tubería de acero de impulsión, y otra tubería idéntica, pero de retorno.

Cada fancoil de techo permite su regulación mediante un mando climatizador (Figura 3-9) con termostato invierno-verano, que permite variar la velocidad a la que el ventilador del fancoil trabaja.

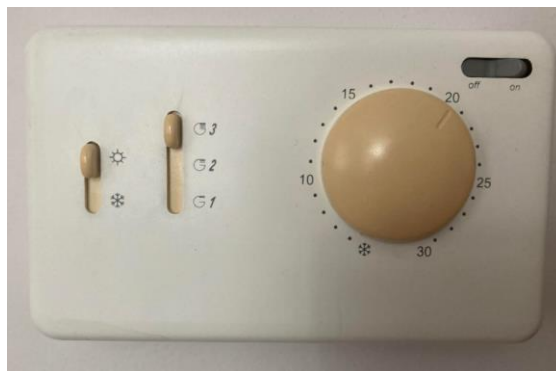


Figura 3-9 Mando climatizador de cada estancia

Cada fancoil de techo tiene su desembocadura en un difusor de techo (Figura 3-10) del modelo TROX ADLR-Q de la empresa AERMEC, el cual distribuye a la estancia el aire que sale del fancoil.



Figura 3-10 Difusor de aire del modelo TROX ADLR-Q AEMEC de las estancias

Mediante estos difusores de techo, el fancoil se encarga de suministrar aire a una temperatura adecuada para cada estación.

A diferencia de la planta baja, todos los despachos y aulas de la primera planta, cuentan con uno o dos fancoils, esta vez también dependiendo del tamaño del aula, pero en todos menos en los tres primeros despachos, el fancoil de techo cuenta con dos difusores de aire.

Los fancoils de techo de la cara sur de la primera planta son del tipo 3 (FCX-P 42), mientras que los de la cara norte son del tipo 2 (FCX-P 32).

La siguiente tabla (Tabla 7) muestra la ubicación de los diferentes modelos de fancoil en el edificio.

Tipo de Fancoil	FCX-P 22	FCX-P 32	FCX-P 42
NORTE BAJA	11	0	0
SUR BAJA	0	0	11
NORTE SUPERIOR	0	19	0
SUR SUPERIOR	0	0	20

Tabla 7 Distribución de los diferentes modelos de fancoil

3.4 Unidades de tratamiento de aire y la ventilación.

En la planta baja del edificio, en la parte Noreste, al final de todas las aulas y despachos, se encuentra la unidad de tratamiento de aire (Figura 3-11), es una UTA de la marca AIRLAN de la serie FMA, el modelo 036.

A su sección de baterías le llega el agua calentada o enfriada directamente desde la bomba de calor por las tuberías de acero de impulsión y retorno. De esta forma, es capaz de realizar un precalentamiento, o preenfriamiento del aire que será impulsado a las diferentes estancias y pasillos del edificio.



Figura 3-11 Unidad de tratamiento del aire AIRLAN FM-36

Dicha unidad de tratamiento de aire tiene una toma de aire exterior (Figura 3-11), para suministrar aire renovado a la planta entera mediante un conducto de aire de panel rígido de alta densidad de lana de vidrio, revestido por la cara exterior con una lámina de aluminio reforzada con papel Kraft y malla de vidrio, actuando como barrera de vapor, y por su cara interior, con una lámina de aluminio reforzada con papel Kraft. El canto macho está rebordeado por el complejo interior de aluminio. Este conducto (Figura 3-13) de aire es del modelo CLIMAVER PLUS, de la empresa ISOVER [41].

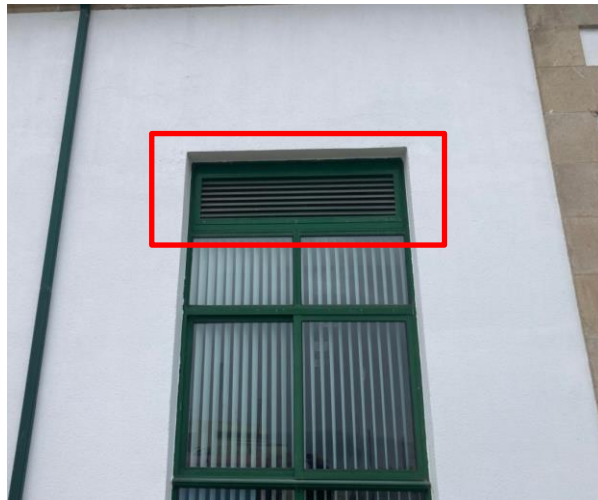


Figura 3-12 Toma de aire exterior de la UTA de la planta baja



Figura 3-13 Conducto de aire CLIMAVER PLUS

Dicho conducto de aire interconecta cada aula o despacho con la unidad de tratamiento de aire, recorriendo el pasillo central, y distribuyendo tanto a lo largo del pasillo, mediante difusores de techo instalados en el conducto de ventilación, como a ambos lados del pasillo (a cada aula o despacho), por medio de una rejilla de impulsión.

Este aire proveniente del exterior es absorbido por el anteriormente descrito fancoil de techo que posee cada aula o despacho. Además, el falso techo (Figura 3-14) es de bandeja de Módena, el cual está microperforado y permite el paso de aire, de esta manera, el fancoil de techo es capaz de regular la temperatura y ventilar, a la vez que renueva el aire.



Figura 3-14 Techo de bandeja de módena microperforado de las estancias y pasillos del edificio

En la primera planta del edificio funciona de una manera prácticamente idéntica, exceptuando la ubicación de la unidad de tratamiento de aire, la cual se encuentra en la parte Suroeste.

Mediante la unidad de tratamiento de aire y la instalación de los conductos de ventilación, es aportado a cada aula un volumen de 1,5 renovaciones por hora. Este aire de renovación llega a el falso techo de las aulas, y junto con el aire ya existente en la estancia, es absorbido por el fancoil de techo, recirculándolo a continuación por dicha estancia. La velocidad del ventilador del falso techo puede ser modificada por medio de un variador discreto de 3 velocidades del motor de climatización, incorporado en el mando termostato de cada estancia.

Al final del pasillo, donde concluye el conducto de ventilación, se encuentra un difusor lineal (Figura 3-15) que expulsa aire de renovación a la parte de la entrada del edificio.



Figura 3-15 Difusor lineal ubicado al final del pasillo central

En las siguientes figuras (Figura 3-16) (Figura 3-17) está esquematizada (mediante el sombreado azul) la red de conductos de aire para la climatización de la planta baja, así como de la primera planta.

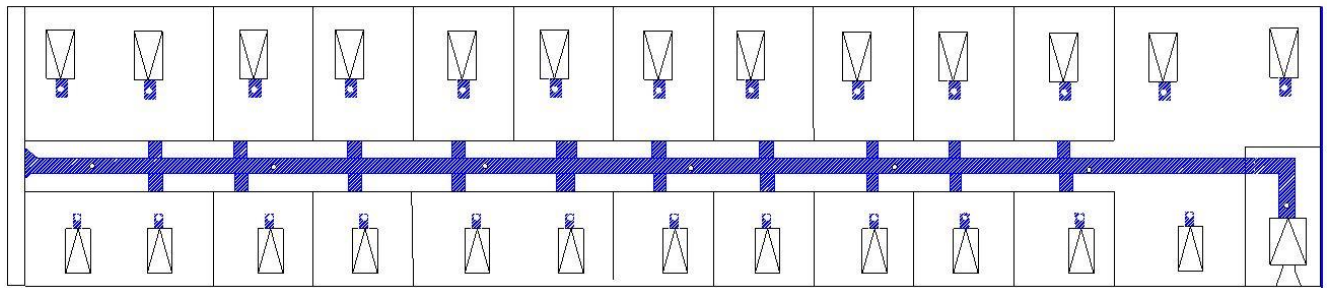


Figura 3-16 Esquema de la instalación de los conductos de aire para el aporte de aire exterior desde la unidad de tratamiento de aire de la planta baja

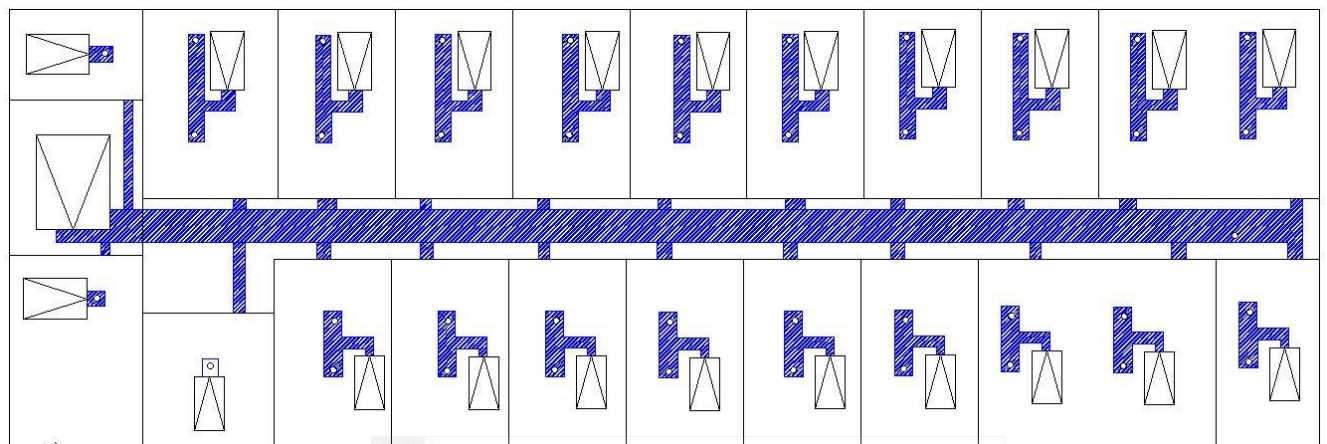


Figura 3-17 Esquema de la instalación de los conductos de aire para el aporte de aire exterior desde la unidad de tratamiento de aire de la primera planta

3.5 Determinación de parámetros de funcionamiento de las instalaciones de ventilación y climatización.

Tras el estudio del edificio y sus instalaciones se puede definir cuáles son los parámetros de funcionamiento fundamentales. Estos parámetros son los siguientes:

- **Temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de entrada a la sección de baterías de los fancoils de techo:** a la sección de baterías de los fancoils de techo de cada estancia les llega el agua calentada o enfriada directamente desde la bomba de calor por las tuberías de acero de impulsión y retorno. Este parámetro es fundamental ya que determina la capacidad de calentar o enfriar el aire que será impulsado a las diferentes estancias y pasillos del edificio.
- **Temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de la bomba de calor:** esta temperatura es un parámetro determinante, ya que la temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de entrada a la sección de baterías de los fancoils de techo depende directamente de esta.
- **Caudal de recirculación de cada tipo de fancoil de techo:** el caudal de recirculación aportado por el fancoil de techo es la cantidad de aire que impulsa el fancoil a la estancia después de calentarlo o enfriarlo para aclimatar la estancia.
- **Caudal de entrada a las unidades de tratamiento de aire:** las UTAs, para poder impulsar aire de renovación a través de los conductos de ventilación, succionan aire del exterior por medio de unas entradas a los edificios. Este es un parámetro determinante para el correcto funcionamiento de la instalación del edificio, debido a que, si este caudal de entrada a las

unidades de tratamiento no es suficiente para abastecer de aire renovado a todas las estancias y pasillos del edificio, significará que estamos ante una instalación deficiente en lo referido a la ventilación.

- **Caudal de renovación en estancias:** la renovación de aire en las estancias es el fin último de la instalación de ventilación. Como anteriormente descrito, este aire de renovación es impulsado mediante la unidad de tratamiento por los conductos de ventilación y desemboca en el falso techo de las estancias y difusores de los pasillos.

Este aire es posteriormente absorbido junto con el aire existente en la estancia por el fancoil de techo y redistribuido por la estancia.

La medición de este caudal es fundamental para determinar el correcto funcionamiento de la instalación de ventilación, ya que tiene que cumplirse un caudal mínimo en cada estancia (dependiendo del tamaño de esta), para que puedan tener lugar las renovaciones por hora estipuladas para un ambiente saludable y de confort.

3.6 Metodología

A continuación, se expondrán los elementos necesarios para realizar una toma de datos de los parámetros de funcionamiento y poder analizar las instalaciones de ventilación y climatización del edificio. También se explicará la metodología empleada para la toma de datos.

3.6.1 Elementos de medición empleados

Para la medición de la temperatura y caudal de las instalaciones de climatización y ventilación se ha empleado un termómetro de contacto, un anemómetro térmico de hilo caliente y una cámara térmica.

3.6.1.1 Termómetro de contacto

El termómetro digital de bolsillo Checktemp 1 (Figura 3-18) es un termómetro de contacto fácilmente penetrable en materiales como el revestimiento de las tuberías de agua de la instalación de climatización gracias a la punta aguda de su sonda.

Este termómetro cuenta con un metro de cable de silicona el cual conecta el medidor digital con la sonda de acero inoxidable. Esta sonda incorpora un sensor termistor para medir la temperatura a con una gran precisión con una venda de error de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ dentro del rango 30.0 a 120.0 $^{\circ}\text{C}$.

Este termómetro cuenta también con un patrón de calibración de cloro libre CAL Check, el cual proporciona una verificación automática de calibración al momento de encender el instrumento para que la medición a realizar sea extremadamente precisa [42].

Por tanto, este termómetro cumple con las características ideales para satisfacer las necesidades de este proyecto.



Figura 3-18 Termómetro de contacto por penetración Checktemp 1 de HANNA

Todos los datos tomados con este instrumento y expuestos en el siguiente capítulo son la media de diez medidas tomadas, con medio minuto de separación entre ambas, al entrar en un periodo donde el resultado se ha estabilizado y no varía más de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

3.6.1.2 Anemómetro térmico

El instrumento de medición para calcular los caudales de aire de la instalación de ventilación será el modelo de anemómetro 405i de la empresa Testo (Figura 3-19). Este anemómetro aparte de proporcionar la velocidad del aire, permitirá medir el caudal volumétrico, así como la temperatura del aire.

Para la medición de la temperatura del aire, el anemómetro cuenta con una sonda con un hilo caliente que se introduce en el conducto de aire de impulsión, el hilo de la sonda se encargará de reflejarnos la temperatura del aire mediante la transferencia de calor por convección entre el hilo calentado y el flujo de aire que circula a su alrededor.



Figura 3-19 Anemómetro térmico 405i de la empresa Testo [43].

La empresa TESTO cuenta con una aplicación para smartphones (Figura 3-20) donde mediante bluetooth, se transfieren los valores medidos directamente a dicha aplicación. De esta forma es posible

leer, almacenar y exportar los valores tomados como archivo PDF o Excel. Aparte de proporcionarnos tal comodidad, la App Smart Probes nos permite configurar las condiciones de medición, indicando la forma y dimensiones del conducto donde se van a realizar las mediciones y establecer si el aire es de impulsión o de retorno [44].



Figura 3-20 Icono de la App para smartphones y tablets Testo Smart Probes [45].

A continuación, se mostrará un ejemplo de la toma de mediciones con el anemómetro y la aplicación para smartphone:

1. El primer paso es enlazar por bluetooth el anemómetro y el smartphone como se muestra en la siguiente figura (Figura 3-21).



Figura 3-21 Anemómetro Testo 405i enlazado con la App Smart Probes.

2. Una vez enlazados los dispositivos, se eligen los parámetros a medir (Figura 3-22).



Figura 3-22 Parámetros a elegir en la App Smart Probes.

- Con los parámetros seleccionados, se configura la medición que queremos llevar a cabo, definiendo en este caso el tipo de conducto, sus dimensiones y la superficie libre (Figura 3-23).

Configurar la medición

Individual Puntual Continua

Rectangular Redondo

Diámetro: 30,0 cm

Superficie libre 100 %

Factor de cono

Cancelar Ok

Figura 3-23 Configuración de medición de la App Smart Probes.

- A continuación, se comienza a tomar las medidas, que quedan registradas en la aplicación (Figura 3-24).

Vista estándar

testo 405i

Fecha	695 °C	695 m/s
06.07.2021 18:05:17	22,8	0,01
06.07.2021 18:05:18	22,8	0,02
06.07.2021 18:05:19	22,8	0,00
06.07.2021 18:05:20	22,9	0,00
06.07.2021 18:05:21	22,9	0,00
06.07.2021 18:05:22	22,9	0,01
06.07.2021 18:05:23	22,9	0,01
06.07.2021 18:05:24	22,9	0,02

Figura 3-24 Medidas registradas en la App Smart Probes.

- Posteriormente, los datos registrados se exportan en el formato a elegir (PDF, Excel, o Testo Json File) (Figura 3-25), en este caso elegimos exportarlas en Excel a un correo electrónico personal.



Figura 3-25 Exportación de los datos registrados en la App Smart Probes.

6. Por último, habiendo descargado el Excel con los datos registrados, de realiza una media de las diez mediciones (Figura 3-26).

Fecha Hora	695 [m³/h]	695 [°C]	695 [m/s]			
06.07.2021	0	23,6	0	Media del caudal	Media de la temperatura	Media de la velocidad del flujo del aire
06.07.2021	92	23,6	0,36	97,3	23,64	0,382
06.07.2021	79	23,6	0,31			
06.07.2021	97	23,6	0,38			
06.07.2021	97	23,6	0,38			
06.07.2021	115	23,6	0,45			
06.07.2021	127	23,7	0,5			
06.07.2021	132	23,7	0,52			
06.07.2021	125	23,7	0,49			
06.07.2021	109	23,7	0,43			

Figura 3-26 Excel con los datos registrados y medias de las medidas.

Todos los datos medidos mediante este anemómetro serán tratados de la misma manera que se ha explicado anteriormente. Debido a que la exactitud del termómetro es de $\pm 0,5$ °C , y la exactitud del hilo caliente es de $\pm 0,1$ m/s + 5 % del valor medido, el error producido por la exactitud del instrumento se puede considerar despreciable.

3.6.1.3 Cámara termográfica

Este instrumento de medición ha sido usado en este trabajo para determinar las fuentes de calor de las estancias, así como para medir temperaturas en lugares donde el termómetro de contacto no cumplía las necesidades, o era necesario medir un objeto impenetrable por éste.

Se trata de la cámara termográfica modelo i5 de la empresa FLIR, esta cámara termográfica cuenta con una tarjeta micro SD donde quedan guardadas las imágenes termográficas tomadas, para posteriormente poder exportarlas.

Cabe destacar que los datos mostrados en los posteriores apartados no son procesados, sino directos.

3.6.2 Mediciones de los parámetros de funcionamiento

Se expondrá a continuación la metodología llevada a cabo a la hora de medir los distintos parámetros.

3.6.2.1 Temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de entrada a la sección de baterías de los fancoils de techo

Para la medición de la temperatura del agua de impulsión y retorno que llega a los fancoils de techo de las estancias proveniente de la bomba de calor, ha sido necesario retirar momentáneamente una parte del falso techo de la estancia en cuestión donde tomar dicha medida.

En la siguiente imagen (Figura 3-27) se muestra el después de retirar dicha parte del falso techo haciendo uso de una escalera.



Figura 3-27 Retiramiento de parte del falso techo para las mediciones

Una vez retirado el falso techo ya se puede acceder a dichas tuberías para la medición de sus temperaturas.

Con el termómetro de contacto Checktemp1 de la compañía HANNA anteriormente descrito, perforando el recubrimiento de las tuberías, se han medido las temperaturas de la tubería de agua de impulsión y retorno de dos estancias de la planta baja. En la siguiente figura (Figura 3-28), mediante un rectángulo rojo se muestra la ubicación de ambas estancias.

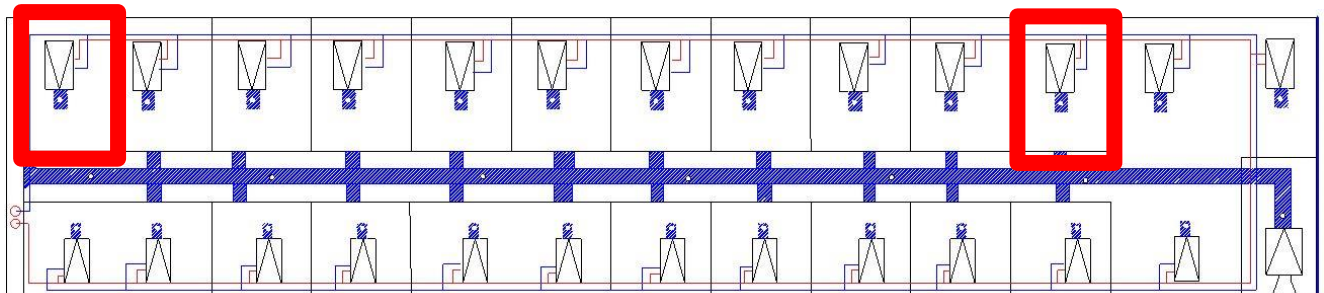


Figura 3-28 Ubicación de las estancias para la medición de la temperatura de las tuberías de agua

La estancia de la planta baja seleccionada más al Este, es un despacho utilizado actualmente para pruebas y mediciones, así como para el almacenamiento de algunos muebles, a la cual haré referencia

como estancia de pruebas. La otra estancia es el despacho del profesor adjunto al centro Mr. Rich, a la cual me referiré como despacho 1.

3.6.2.2 Temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de la bomba de calor

La forma de medir este parámetro es por medio del instrumento empleado para medir temperaturas, el termómetro de contacto Checktemp1 de la compañía HANNA. En las entreplantas del edificio, subiendo la escalera, se encuentra una abertura en la pared (Figura 3-29) que da acceso a las tuberías de impulsión y retorno del agua de la bomba de calor para su mantenimiento y registro.



Figura 3-29 Apertura de acceso a las tuberías de impulsión y retorno de la bomba de calor

En la siguiente figura (Figura 3-30) se puede observar cómo perforando con el termómetro el recubrimiento de las tuberías, se midieron las temperaturas de estas, proporcionando los datos necesarios para calcular el salto térmico entre ambas, así como sus temperaturas para el posterior análisis de la instalación.



Figura 3-30 Imagen midiendo la temperatura de las tuberías de la bomba de calor

En el chaflán de la planta alta del edificio, donde se encuentra la bomba de calor se midió con la cámara térmica la temperatura de estas tuberías justamente a la salida de la bomba de calor, donde no se han producido todavía prácticamente ninguna pérdida térmica.

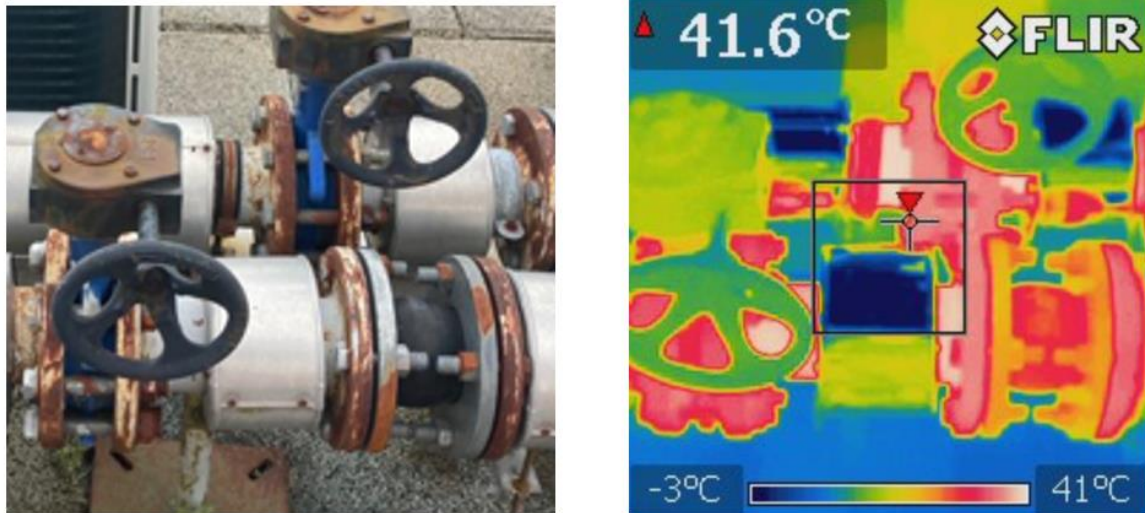


Figura 3-31 Imagen tomada con la cámara térmica de las tuberías de agua a la salida de la bomba de calor

Como se puede observar en la anterior imagen (Figura 3-31), la cámara térmica muestra la temperatura más alta registrada en la imagen (41,6°C). Un inconveniente de medir la temperatura de las tuberías con este instrumento es que, al estar las tuberías recubiertas, la forma de medir su temperatura es por medio de partes como manivelas que no se encuentren recubiertas, lo que puede inducir a un error de medición.

3.6.2.3 Caudal de recirculación de cada tipo de fancoil de techo

Para la correcta medida del caudal de este parámetro, se retiró el difusor ubicado en la salida del caudal de aire como se puede apreciar en la siguiente imagen (Figura 3-32).



Figura 3-32 Difusor de aire retirado

Al disponer de tres tipos de fancoil en el edificio, se tomaron medidas de estos tres, uno en la sala de reuniones de la primera planta, otro en el anteriormente mencionado despacho 1 y otro en el

despacho de pruebas de la planta baja. En los siguientes esquemas (Figura 3-33) y (Figura 3-34), se muestra la ubicación de dichas estancias.

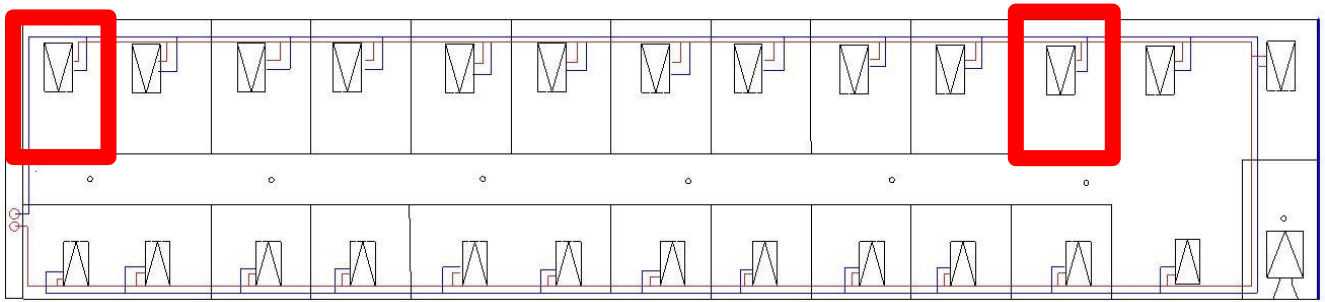


Figura 3-33 Ubicación de las estancias destinadas a la medición del caudal de recirculación de la planta baja

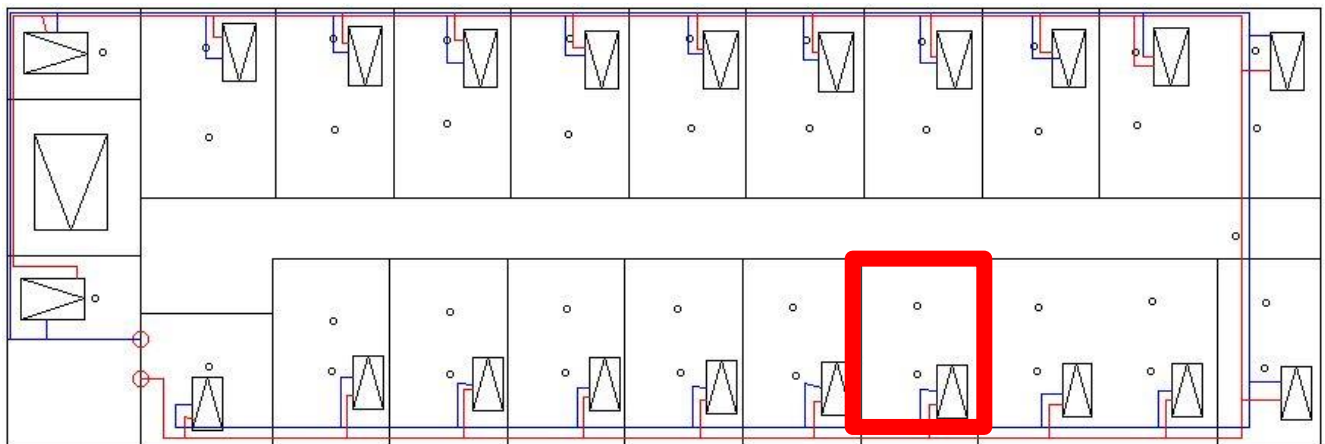


Figura 3-34 Ubicación de la estancia destinada a la medición del caudal de recirculación de la primera planta

Con el uso de una escalera para poder introducir el anemómetro en dicha cavidad, se midió el caudal volumétrico, la velocidad de flujo y la temperatura del aire impulsado por el fancoil a la estancia para las tres velocidades que disponen dichos fancoils.

En la imagen a continuación (Figura 3-35) se puede apreciar el calor desprendido de los difusores de aire mediante el uso de la cámara termográfica.

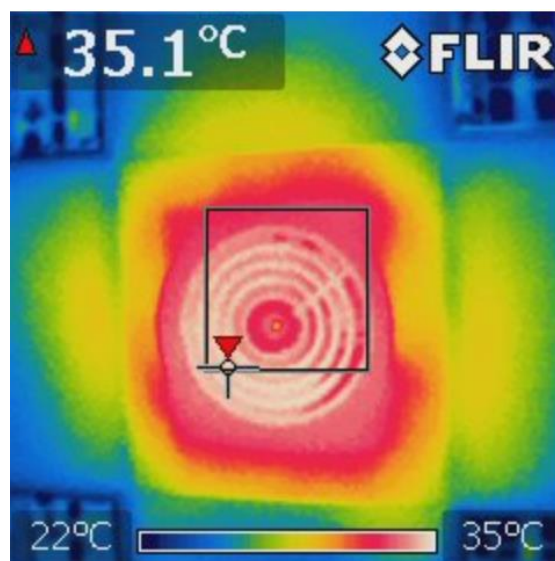


Figura 3-35 Calor desprendido del difusor de techo

3.6.2.4 Caudal de entrada a las UTAs

En las siguientes imágenes (Figura 3-36) y (Figura 3-37) se muestran dichas entradas de aire.



Figura 3-36 Entrada de aire a la UTA de la primera planta



Figura 3-37 Entrada de aire a la UTA de la planta baja

Como anteriormente descrito, es importante tener en cuenta que la velocidad no es uniforme en toda la sección, para minimizar el posible error, dividiremos dicha sección en subsecciones.

De esta manera, se tomaron medidas del caudal volumétrico, velocidad del aire y la temperatura del aire en cuatro ubicaciones diferentes de las entradas de aire, como se muestra a continuación (Figura 3-38).



Figura 3-38 Subseccionamiento de la entrada de aire del exterior a la UTA

De esta forma se minimizó el error por la falta de uniformidad de la sección.

3.6.2.5 Caudal de renovación en las estancias

Como realizado anteriormente, se retiró parte del falso techo para poder acceder a los contactos de desembocadura del aire de renovación, donde posteriormente se introdujo el anemómetro para realizar las mediciones.

En ambas plantas del edificio se realizaron mediciones de este caudal en dos estancias, la más próxima a la unidad de tratamiento de aire, y la más alejada, ya que no le llegará el mismo aire de renovación a una que a otra debido a las pérdidas de carga. Si se cumplen los requisitos en la estancia más desfavorable, se puede concluir que en todas las demás estancias se cumplirán los requisitos mínimos de ventilación definidos por la norma.

Las estancias escogidas para la medición de estos caudales fueron; el despacho de pruebas y el despacho 1 de la planta baja, y el aula de reuniones y la secretaría de la primera planta.

A continuación, por medio de los siguientes esquemas (Figura 3-39) y (Figura 3-40), se representa la ubicación de las distintas estancias donde se realizaron las medidas.

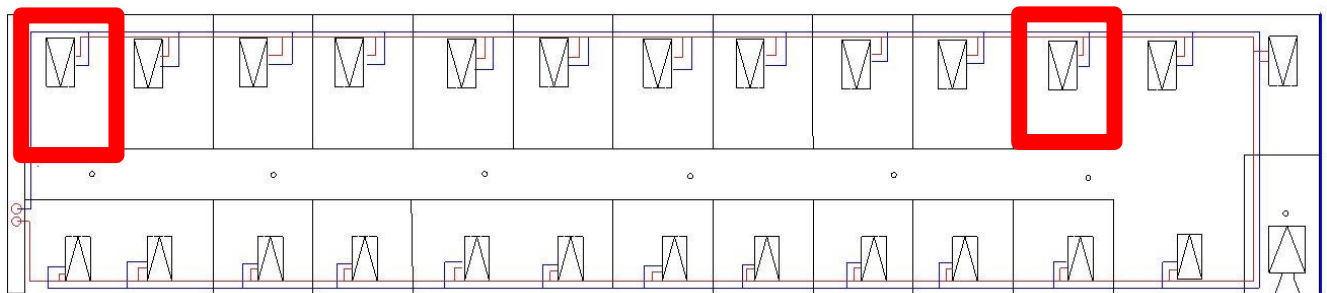


Figura 3-39 Ubicación de las estancias destinadas a la medición del caudal de renovación de la planta baja

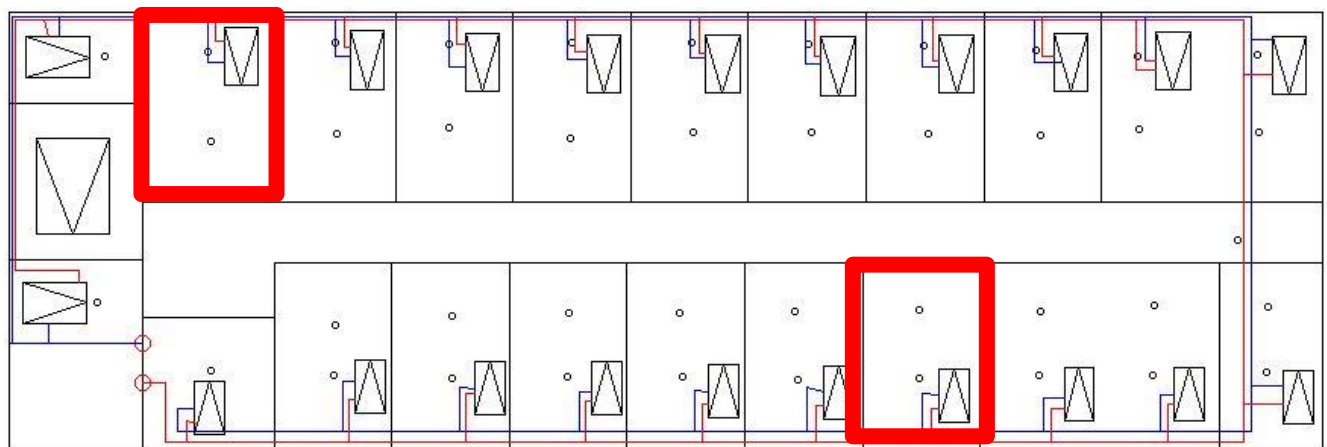


Figura 3-40 Ubicación de las estancias destinadas a la medición del caudal de renovación de la primera planta

4 ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1 Descripción del apartado

En este cuarto apartado, se presentarán los resultados del análisis de parámetros fundamentales del funcionamiento de las instalaciones de ventilación y climatización anteriormente estudiadas y se llevará a cabo un análisis de las mismas. Tras este análisis, y sabiendo el rango de medidas en el que nos situamos, se propondrá el diseño de un sistema de adquisición de datos pensado para monitorizar no solo los parámetros fundamentales de las instalaciones, sino ampliar su estudio, añadiendo parámetros como humedad y presión, que resultan relevantes para la salud y eficiencia de los trabajadores del edificio en cuestión.

4.2 Análisis de los parámetros fundamentales de funcionamiento de las instalaciones de ventilación y climatización

4.2.1 Mediciones de la instalación de climatización

4.2.1.1 Temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de entrada a la sección de baterías de los fancoils de techo

A continuación, se reflejan las medidas medias obtenidas de la temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de entrada a la sección en las siguientes tablas (Tabla 8) y (Tabla 9).

Temperatura tubería agua impulsión	30,1 °C
Temperatura tubería agua retorno	29,4 °C
Temperatura ambiente	24 °C

Tabla 8 Datos registrados de las temperaturas de las tuberías de agua de impulsión y retorno de la estancia de pruebas

Temperatura agua impulsión	29,9 °C
Temperatura agua retorno	28,7 °C
Temperatura ambiente	20,7 °C

Tabla 9 Datos registrados de las temperaturas de las tuberías de agua de impulsión y retorno del despacho 1

4.2.1.2 Temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de la bomba de calor

En la tabla a continuación (Tabla 10), quedan registradas las temperaturas medias medidas de la temperatura de impulsión y retorno de las tuberías de la bomba de calor.

Temperatura agua impulsión	37,8 °C
Temperatura agua de retorno	34,3 °C

Tabla 10 Temperaturas de las tuberías de impulsión y retorno de agua de la bomba de calor

4.2.1.3 Caudal de recirculación de cada tipo de fancoil de techo

En las tablas a continuación (Tabla 11), (Tabla 12) y (Tabla 13) se muestran las medias de los datos registrados del caudal de recirculación de cada fancoil.

	Caudal volumétrico m³/h	Velocidad flujo de aire m/s	Temperatura °C
Velocidad 1	192,3	0,39	23,3
Velocidad 2	364,6	0,74	23,3
Velocidad 3	638,7	1,32	23

Tabla 11 Datos del aire de recirculación del fancoil del despacho de pruebas

	Caudal volumétrico m³/h	Velocidad flujo de aire m/s	Temperatura °C
Velocidad 1	69,2	0,15	20,7
Velocidad 2	152,8	0,31	20,6
Velocidad 3	211,9	0,43	20,5

Tabla 12 Datos del aire de recirculación del fancoil del despacho 1

	Caudal volumétrico m³/h	Velocidad flujo de aire m/s	Temperatura °C
Velocidad 1	214,4	0,19	20,3
Velocidad 2	643,3	0,57	19,3
Velocidad 3	733,6	0,65	21,7

Tabla 13 Datos del aire de recirculación del fancoil de la sala de reuniones de la primera planta

4.2.2 Mediciones de la instalación de ventilación

4.2.2.1 Caudal de entrada a las UTAs

En las siguientes tablas (Tabla 14) y (Tabla 15) se muestran la media de las medidas tomadas del caudal de aire de entrada a las UTAs de la primera planta y de la planta baja.

	Caudal volumétrico (m³/h)	Velocidad flujo de aire (m/s)	Temperatura (°C)
Medida 1	3814,7	3,38	19,9
Medida 2	4130,7	3,66	19,3
Medida 3	4098,6	3,64	19,3
Medida 4	3836,6	3,41	19,5

Tabla 14 Medidas del caudal del aire de entrada a la UTA de la primera planta

	Caudal volumétrico m ³ /h	Velocidad flujo de aire m/s	Temperatura °C
Medida 1	2794,6	2,48	15,5
Medida 2	2964,3	2,63	14,7
Medida 3	2982,4	2,64	14,7
Medida 4	3396,6	3,01	14,6

Tabla 15 Medidas del caudal del aire de entrada a la UTA de la planta baja

4.2.2.2 Caudal de renovación en las estancias

La siguiente tabla (Tabla 16) muestra las medias de las medidas tomadas de los caudales de renovación de las estancias seleccionadas.

	Caudal volumétrico (m ³ /h)	Velocidad flujo de aire (m/s)	Temperatura (°C)
Despacho de pruebas de la planta baja	136,7	2,30	17,4
Despacho 1 de la planta baja	112,4	1,89	19,8
Aula de reuniones de la primera planta	39,66	0,34	19,1
Secretaría de la primera planta	135,4	0,12	20,1

Tabla 16 Media de los caudales de renovación en las diferentes estancias seleccionadas

4.3 Análisis de las mediciones

Tras la medición de los parámetros más determinantes de las instalaciones de ventilación y climatización, es necesario comprobar que dichos parámetros aseguran una óptima calidad del aire y confort, para así poder determinar el correcto funcionamiento de tanto las unidades de tratamiento de aire, como del sistema de climatización.

4.3.1 Instalación de ventilación

En los parámetros referentes a el sistema de ventilación, se realizará un análisis de cómo de efectiva es la renovación de aire, si las pérdidas de carga son suficientes como para no llegar a abastecer de suficiente aire de renovación a todas las estancias, y de si estos parámetros cumplen con lo establecido en el código técnico de la edificación y en el reglamento de instalaciones térmicas de los edificios.

“1. En los edificios de viviendas, a los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes se consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

2. El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la

formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779” [46].

Previamente a comenzar con el análisis, es necesario categorizar, según el RITE [46] en su segundo capítulo, en lo referente a la exigencia de calidad del aire interior, la de calidad de aire interior que se deberá alcanzar:

“IT 1.1.4.2.2 Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios .En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja)” [46].

Por lo anteriormente expuesto, ya que este estudio será realizado en oficinas, podemos categorizar la calidad del aire que se debe alcanzar como aire de buena calidad (IDA 2).

4.3.1.1 Caudal de renovación en las estancias

“El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior que se indican en el apartado 1.4.2.2, se calculará de acuerdo con alguno de los cinco métodos que se indican a continuación” [46].

- 1. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona.*
- 2. Método directo por calidad de aire percibido.*
- 3. Método directo por concentración de CO₂.*
- 4. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie.*
- 5. Método de dilución.*

Como se puede apreciar de la anterior cita del RITE, el caudal mínimo de aire exterior de ventilación se debe calcular de acuerdo con alguno de los cinco métodos que se exponen a continuación. Cabe destacar la especificación de “alguno de los métodos”, según el reglamento, con que se cumpla uno de ellos sería suficiente. En este análisis se calculará en función de la superficie de la estancia donde se realizaron las medidas, y en función a el número de personas que normalmente ocupan dicha estancia.

En primer lugar, se ha decidido usar el cuarto método, ya que se dispone de la superficie de cada aula del edificio (Anexo I: Inventario del proyecto: pontevedra/ marín/ escuela naval/ edificio administrativo para el centro adscrito universitario de la defensa. Según el RITE, la forma de calcularlo será:

“D. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie.

Para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, se aplicarán los valores de la tabla 1.4.2.4.”

<i>Categoría</i>	<i>dm³/(s·m²)</i>
<i>IDA 1</i>	<i>No aplicable</i>
<i>IDA 2</i>	<i>0,83</i>

IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Tabla 17 Caudales de aire exterior por unidad de superficie

Por lo anterior, se puede concluir que para cumplir con las exigencias requeridas es necesario un caudal de aire exterior de $0,83 \text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$.

Para simplificar los cálculos se pasará a $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, lo que supone $2,988 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

Para la comprobación de dicha norma, a continuación, se calculará la superficie total de cada estancia donde se realizaron las mediciones siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Superficie (m}^2\text{)} = \text{ancho(m)} \times \text{largo (m)}$$

- **Despacho de pruebas de la planta baja:**

Este despacho mide 3,45 metros de ancho, por 5,10 metros de largo.

$$\text{Superficie despacho de pruebas} = 3,45 \times 5,10 = 17,59 \text{ m}^2$$

Al ser la superficie del despacho de pruebas de la planta baja de $17,59 \text{ m}^2$, y necesitar mínimo $2,988 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, el caudal mínimo por hora de renovación que debe llegar a la estancia para que se cumpla con lo especificado en el RITE [46] debe ser de $52,56 \text{ m}^3/\text{h}$.

Según lo anteriormente medido (Tabla 16), El caudal de entrada es de $136,7 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que podemos decir que cumple con los requisitos establecidos.

- **Despacho de pruebas de la planta baja:**

Este despacho mide 3,45 metros de ancho, por 5,10 metros de largo.

$$\text{Superficie despacho de pruebas} = 3,45 \times 5,10 = 17,59 \text{ m}^2$$

Al ser la superficie del despacho de pruebas de la planta baja de $17,59 \text{ m}^2$, y necesitar mínimo $2,988 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, el caudal mínimo por hora de renovación que debe llegar a la estancia para que se cumpla con lo especificado en el RITE [46] debe ser de $52,56 \text{ m}^3/\text{h}$.

Según lo anteriormente medido (Tabla 16), El caudal de entrada es de $136,7 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que podemos decir que cumple con los requisitos establecidos.

- **Despacho 1 de la planta baja:**

Al igual que la estancia anterior, este despacho mide 3,45 metros de ancho, por 5,10 metros de largo.

$$\text{Superficie despacho 1} = 3,45 \times 5,10 = 17,59 \text{ m}^2$$

Al ser la superficie del despacho 1 de $17,95 \text{ m}^2$, y necesitar mínimo $2,988 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, el caudal mínimo por hora de renovación que debe llegar a la estancia para que se cumpla con lo especificado en el RITE [46] debe ser de $52,56 \text{ m}^3/\text{h}$.

Según lo anteriormente medido, para dicha estancia se cumplen los requisitos establecidos, ya que el caudal medido fueron $112,4 \text{ m}^3/\text{h}$.

Como podemos apreciar, entre una estancia y otra hay una diferencia de $14,3 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire de renovación.

- **Aula de reuniones de la primera planta:**

Esta estancia mide 3,85 metros de ancho, por 6,05 metros de largo.

$$\text{Superficie aula de reuniones} = 3,85 \times 6,05 = 23,29 \text{ m}^2$$

De la misma manera que antes, el caudal de aire de renovación deberá ser de $2,988 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$, para cumplir con las normativas y reglamentos definidos, lo que se convierte en un caudal mínimo de $69,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Según lo anteriormente medido, la media de los caudales medidos de esta estancia fue de $1794,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Por tanto, en esta estancia se cumple lo establecido en el RITE.

- **Secretaría de la primera planta:**

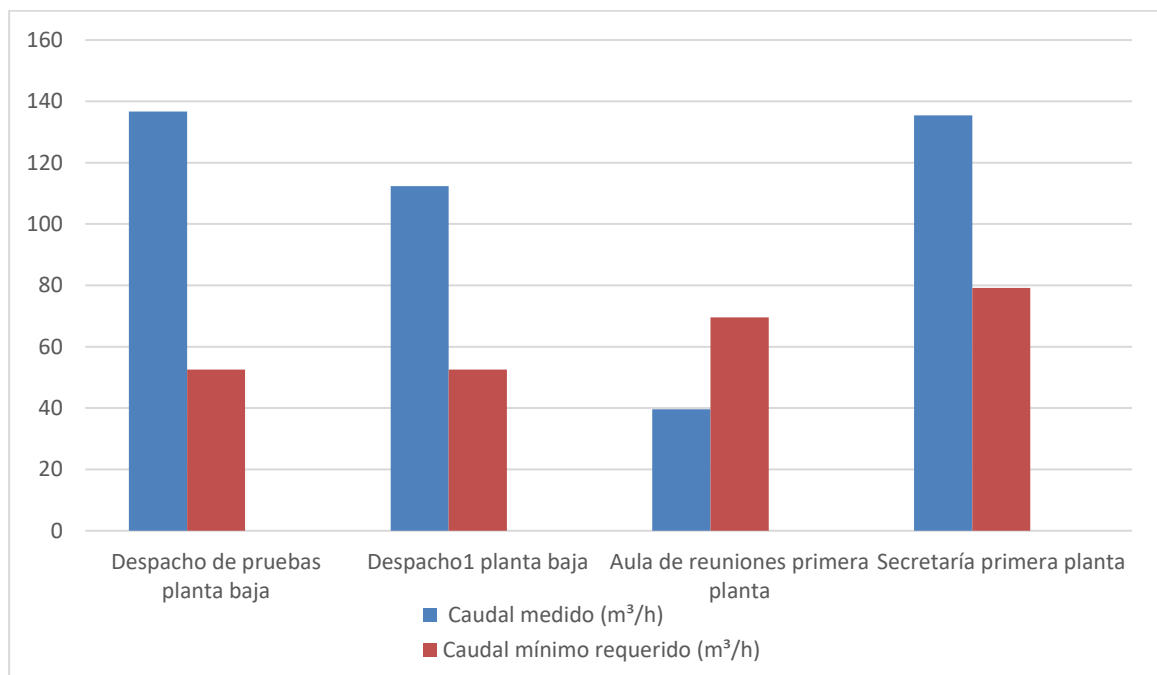
Esta estancia mide 4,38 metros de ancho, por 6,05 metros de largo.

$$\text{Superficie secretaría} = 4,38 \times 6,05 = 26,5 \text{ m}^2$$

Por tanto, el caudal de aire de renovación deberá ser de $2,988 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$, lo que se traduce en un caudal mínimo de renovación de $79,17 \text{ m}^3/\text{h}$.

Según lo anteriormente medido, el caudal de renovación es de $135,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Podemos de esta manera decir que en esta estancia también se cumplen los requerimientos mínimos establecidos.

En el siguiente gráfico (Gráfica 1) de barras se muestra como tan solo una de las cuatro estancias medidas cumple con lo establecido en el RITE.



Gráfica 1 Comparación entre el caudal medido y el requerido del aire de renovación de cada estancia

Como se puede apreciar, el caudal medido de aire de renovación que entra en cada estancia está muy por encima del mínimo requerido, menos en el aula de reuniones de la primera planta

A continuación, se calculará el caudal mínimo de aire exterior de ventilación mediante el método indirecto de caudal de aire exterior por persona.

“A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona.

a) Se emplearán los valores de la tabla 1.4.2.1 cuando las personas tengan una actividad metabólica de alrededor 1,2 met, cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no esté permitido fumar.

Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, en dm^3/s por persona” [46].

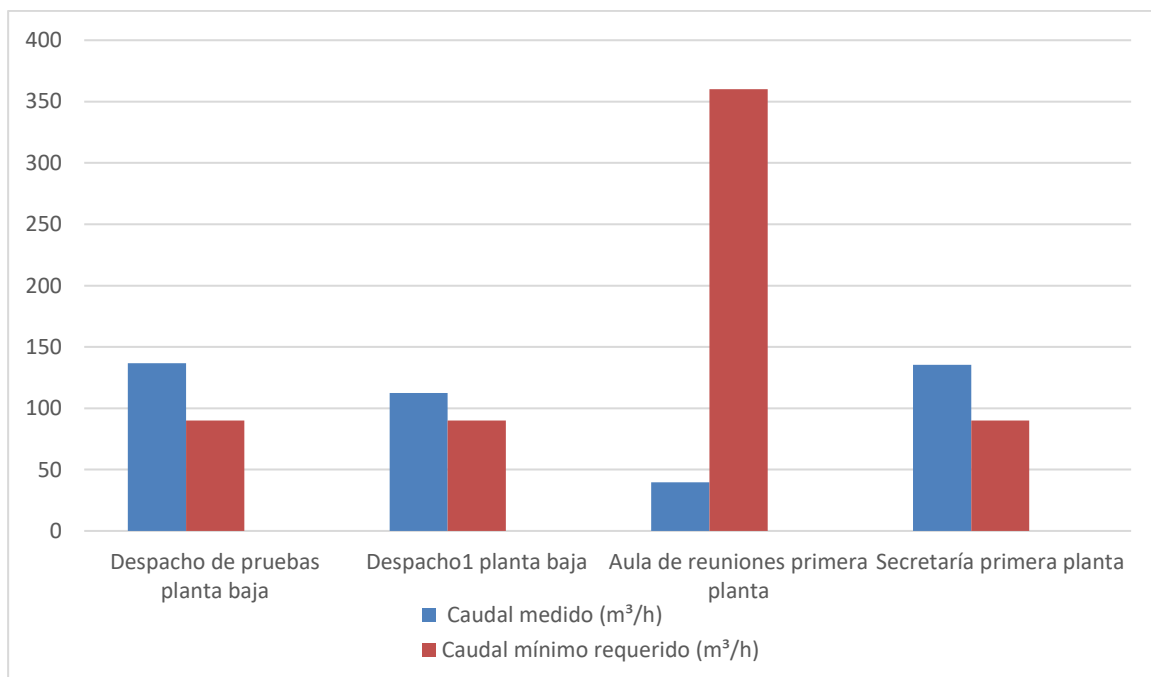
Categoría	dm^3/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 18 Caudales de aire exterior en dm^3/s por persona.

Como se puede apreciar, según lo especificado en el RITE, el caudal mínimo de aire exterior por persona debe ser de $12,5 \text{ dm}^3/\text{s}$. Para simplificar los cálculos, $12,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ equivalen a $45 \text{ m}^3/\text{h}$.

Todas las estancias menos el aula de reuniones de la primera planta suelen estar ocupadas por dos personas, lo que resulta en un caudal mínimo de $90 \text{ m}^3/\text{h}$. En el aula de reuniones de la primera planta dispone de ocho asientos, en el caso más restrictivo donde se reúnan ocho personas durante un tiempo prolongado, el caudal mínimo de aire exterior de ventilación deberá ser de $360 \text{ m}^3/\text{h}$.

En el gráfico (Gráfica 2) a continuación se muestra la comparación entre el caudal mínimo requerido y el caudal medido en cada estancia.



Gráfica 2 Comparación entre el caudal medido y el requerido en cada estancia

Como se puede apreciar, todas las estancias cumplen con la normativa del RITE según la metodología de cálculo de caudal mínimo por persona menos el aula de reuniones de la primera planta, la cual necesitaría un aporte de aire exterior de ventilación de aproximadamente siete veces la actual para poder albergar reuniones de hasta ocho personas.

Una de las razones principales por las que el caudal medido en el aula de reuniones y en el despacho 1 de la planta baja son menores que los caudales de las otras estancias medidas de la misma planta es debido a que son las estancias más desfavorables, estas se encuentran en el extremo opuesto a la unidad de tratamiento de aire.

4.3.1.2 Caudal de entrada de aire exterior a las UTAs

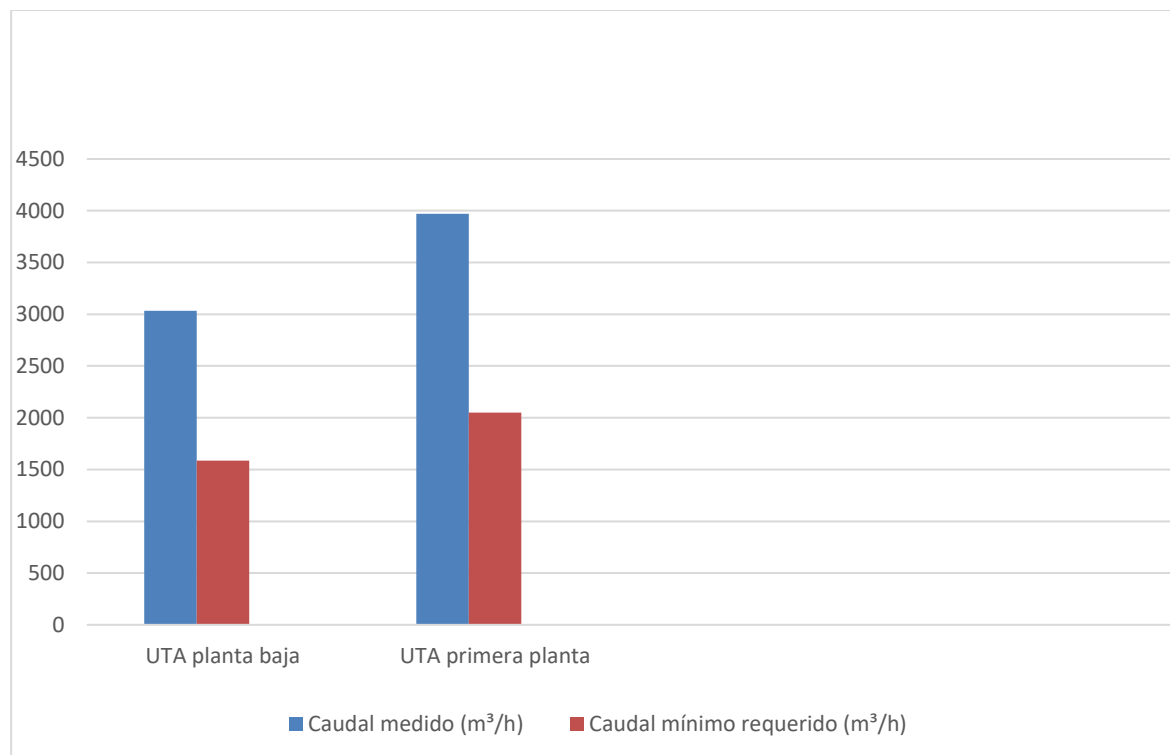
En el presente apartado se analizará el caudal de aire de entrada desde el exterior a las unidades de tratamiento de aire del edificio. Este caudal debe ser suficiente para suministrar a las diferentes estancias y pasillos de ambas plantas del edificio del caudal de aire de renovación mínimo establecido.

Para el análisis del caudal mínimo se calcularán las superficies totales útiles de cada planta, para poder determinar si dicho caudal de entrada a las UTAs es suficiente.

Según lo anteriormente calculado, (Tabla 4) la superficie útil de la planta baja es de 531,3 m², mientras que la primera planta dispone de 685,7 m². Al igual que en las estancias, el caudal de renovación de aire debe ser como mínimo 2,988 m³/(h·m²), lo que se traduce en un caudal mínimo de 1587,52 m³/h para la planta baja, y 2048,87 m³/h para la primera planta.

En las mediciones tomadas, la media realizada de los caudales de entrada a las UTAs desde el exterior era de 3034,5 m³/h en la UTA de la planta baja, y 3970,15 m³/h en la UTA de la primera planta.

En el siguiente gráfico (Gráfica 3) se muestra la comparación entre el caudal mínimo requerido y el caudal medido para ambas entradas de aire del exterior.



Gráfica 3 Comparación entre el caudal medido y el caudal mínimo requerido en la entrada de aire del exterior a las UTAs de cada planta

Como se puede apreciar, ambos caudales medidos están por encima del mínimo requerido.

4.3.2 Instalación de climatización

En el presente apartado se analizará la eficacia de la instalación de climatización del edificio para mantener una temperatura óptima en el mes de marzo, que es cuando se realizaron las mediciones.

Según lo estipulado en el Código Técnico de la Edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en las oficinas la temperatura no debe ser menor de 21°C, mientras que en invierno debe ser menos de 26°C, y establece un margen de temperaturas para verano e invierno, siendo estos de entre 21°C y 23°C y en invierno entre 23°C y 25°C. Todo esto teniendo en cuenta la temperatura

en el exterior de las oficinas, de modo que no suponga un contraste excesivo en la entrada y salida de las oficinas. (Tabla 3).

La tabla a continuación (Tabla 19) muestra las mediciones registradas de las diferentes aulas donde se realizó el estudio y análisis de la instalación de climatización, comparándola con la temperatura del aire de renovación proveniente del exterior impulsado por la unidad de tratamiento de aire.

Estancia	Temperatura registrada en la estancia	Temperatura del aire proveniente de la UTA	Diferencia de temperatura
Despacho 1 de la planta baja	20,6 °C	19,8 °C	0,8 °C
Despacho de pruebas de la planta baja	23,2 °C	17,4 °C	5,8 °C
Aula de reuniones de la primera planta	20,4 °C	19,1 °C	1,3 °C
Secretaría de la primera planta	21,2 °C	20,1 °C	1,2 °C

Tabla 19 Comparación entre la temperatura de la estancia y la proveniente de la UTA

En base a estas mediciones podemos determinar que, aunque tres de las cuatro temperaturas estén por debajo de lo establecido por el RITE, la instalación de climatización es capaz de crear un cambio de hasta 5,8 °C como en el despacho 1 de la planta baja. Sin embargo, muchos trabajadores se sienten más cómodos en una temperatura cercana a los 20 °C, siendo la temperatura exterior de 14,8°C.

4.4 Diseño de un equipo de adquisición de datos

A continuación se diseñará la propuesta de un sistema de adquisición de datos con el fin de monitorizar los parámetros de funcionamiento de la unidad de tratamiento de aire del edificio anteriormente descrito, serán analizados a continuación los sensores escogidos para la monitorización de dichos parámetros y su ubicación de forma que se pueda analizar el correcto funcionamiento de dicha unidad de tratamiento de aire y de la instalación de climatización, diseñando una red de sensores, junto a los dispositivos de almacenamiento y comunicación de datos que proporcionen los datos necesarios.

Los distintos parámetros a determinar serán la temperatura de salida de la UTA, así como la temperatura en cada estancia, la humedad de cada estancia, la presión dentro y fuera de cada estancia y el caudal de aire de salida de la UTA, así como el caudal de aire de salida del fancoil de techo que suministra aire en cada estancia.

SENSORES

4.4.1 Temperatura, humedad y presión

La temperatura es un factor fundamental a la hora de determinar el funcionamiento óptimo del sistema de climatización de un edificio, debido a que determina la comodidad de los trabajadores en un entorno laboral, debido a que la oficina es uno de los lugares donde se pasa más horas al día, así como el rendimiento, comodidad y salud de los trabajadores.

4.4.1.1 Temperatura, humedad y presión en el interior de las estancias y pasillos

La temperatura dentro de cada estancia es el objetivo principal del sistema de climatización del edificio, ya que esta determinará el confort térmico de los trabajadores en sus oficinas, pasillos y salas de reunión.

Para la medición de la temperatura dentro de cada estancia, el elemento de medición que más se ajusta a nuestras necesidades es el sensor BME 280 (Figura 4-1), aparte de determinar la temperatura, este sensor es también capaz de leer la humedad y la presión intrínsecamente.

Este sensor de precisión de la empresa BOSCH es la mejor solución de detección de bajo coste para medir la humedad con una precisión del 3%, la presión barométrica con una precisión absoluta de 1hPa y la temperatura con una precisión de 1°C. Aparte de su precisión, cuenta con un tiempo de respuesta rápido para soportar los requisitos de rendimiento y precisión. También está optimizado para un bajo ruido y un rendimiento de alta resolución [47].



Figura 4-1 Sensor BME280 [47].

Se instalará un sensor en cada estancia, así como uno al principio y al final del pasillo central de cada planta. Se colocará también uno en la pared por fuera del edificio que dé al exterior de cada estancia para medir la presión, de esta controlaremos que la presión de dentro de cada estancia sea mayor que la del exterior para disminuir al mínimo las filtraciones del exterior.

Esto hace un total de 46 sensores para determinar la temperatura, humedad y presión en cada estancia y pasillos, así como la presión exterior de la cara Norte y la cara Sur del edificio.

A continuación, en el esquema de la planta baja (Figura 4-2), así como de la primera planta (Figura 4-3), mediante un punto de color verde, se ubicará donde se deben colocar los sensores para poder satisfacer las necesidades anteriormente descritas.

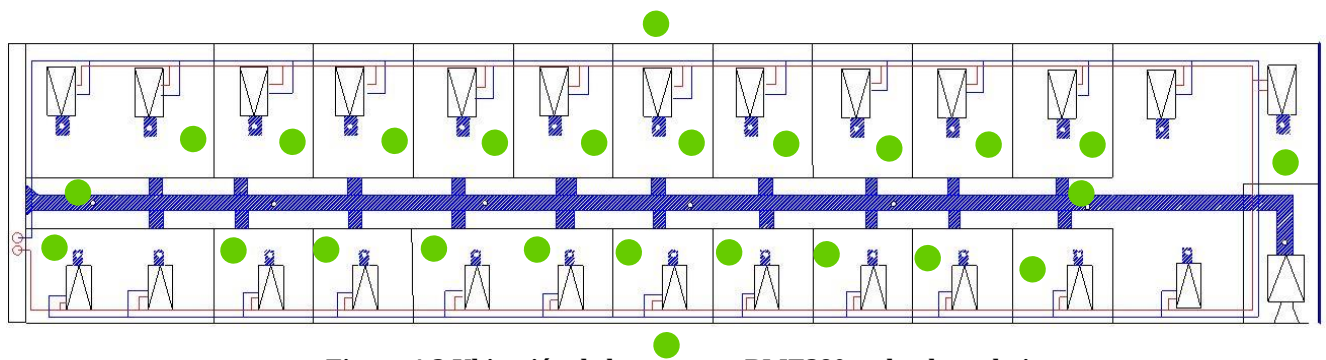


Figura 4-2 Ubicación de los sensores BME280 en la planta baja

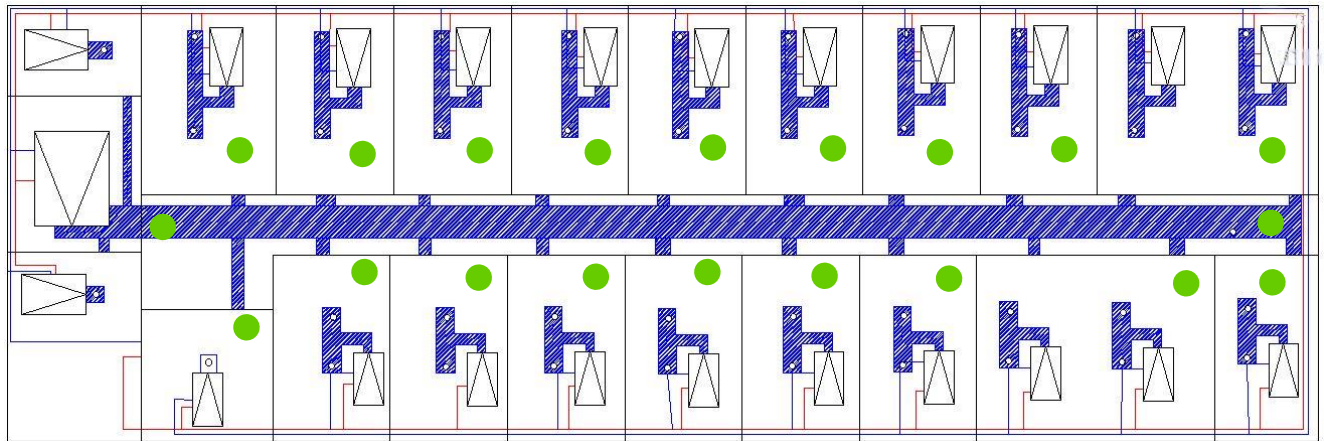


Figura 4-3 Ubicación de los sensores BME280 en la primera planta

Como podemos apreciar, necesitaremos un total de 46 sensores BME280 de temperatura, humedad y presión.

4.4.1.2 Temperatura del aire de entrada a las unidades de tratamiento de aire

La renovación del aire producida por la toma exterior de aire y su circulación y distribución (como anteriormente explicada) es realizada por el sistema de ventilación y tratamiento de aire del edificio.

El sensor que será utilizado para determinar dicha temperatura será el sensor de temperatura DS18B20 (Figura 4-4), es un sensor barato y, sin embargo, muy avanzado. Es fabricado por la empresa Maxim Integrated y es capaz de medir temperaturas en un rango muy amplio desde los -55°C hasta los 125°C , con un margen de error de medio grado [48].



Figura 4-4 Sensor DS18B20 [48].

Se instalarán tanto en la entrada de aire exterior de la primera planta como de la planta baja.

A continuación, mediante un esquema de la planta baja (Figura 4-5) y de la primera planta (Figura 4-6), por medio de un punto de color naranja se ubicará el lugar de instalación de dichos sensores.

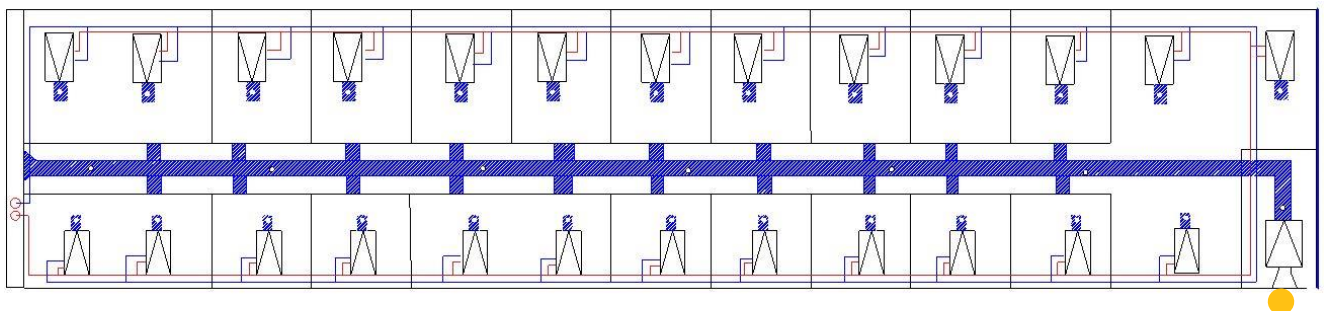


Figura 4-5 Ubicación del sensor DS18B20 en la planta baja para el registro de la temperatura del aire de entrada a la UTA

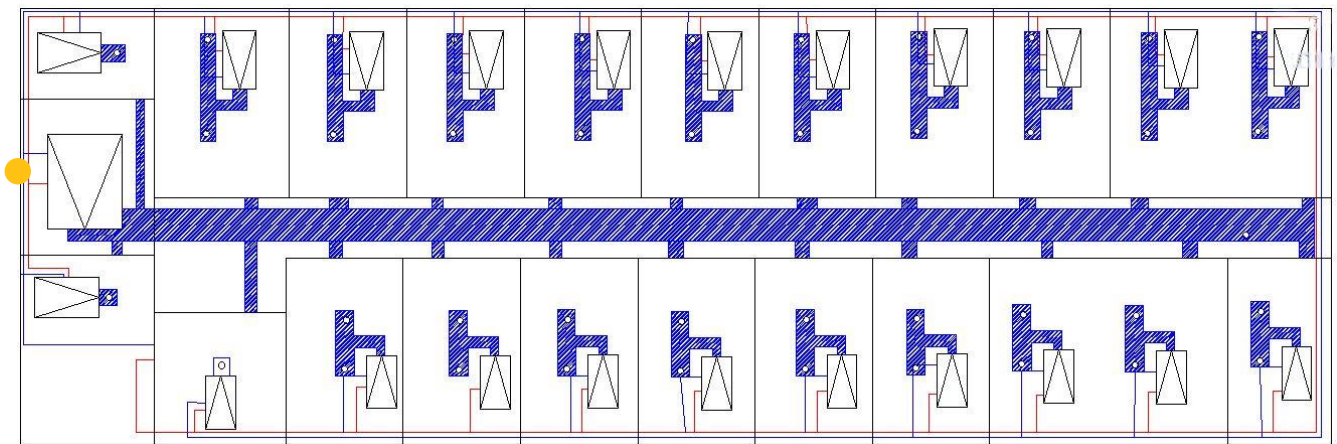


Figura 4-6 Ubicación de los sensores DS18B20 en la primera planta para el registro de la temperatura del aire de entrada a la UTA

Como podemos observar, necesitaremos un total de 2 sensores DS18B20 para registrar la temperatura de aire en la entrada del aire exterior a las UTAs.

4.4.1.3 Temperatura del aire de salida de las UTAs

La temperatura de salida del aire de la UTAs se verá afectada por la temperatura de entrada desde el exterior, y de la eficiencia del sistema de baterías de la UTA para calentar o enfriar el agua en base a las necesidades en cada época del año, la cual será posteriormente evaluada al comparar la temperatura registrada con la de entrada del exterior.

Esta temperatura tiene su importancia para la climatización del edificio, debido a que esta será la temperatura del aire que llega al falso techo de las estancias, que es posteriormente recogido y mezclado con el resto del aire de la estancia por los fancoils de techo para su posterior recirculación, por lo tanto, cuanto más se acerque dicha temperatura a la temperatura óptima en las estancias, será más fácil para que el conjunto de la instalación de climatización conseguir la temperatura óptima, que al fin y al cabo, se resume en un ahorro eléctrico por parte de la bomba de calor y los ventiladores de los fancoils de techo.

El sensor de temperatura escogido para la medición de dicha temperatura es el sensor DS18B20 de la empresa Maxim Integrated anteriormente descrito.

En los siguientes esquemas (Figura 4-7) y (Figura 4-8) se representa la ubicación de dichos sensores por medio de un punto de color naranja.

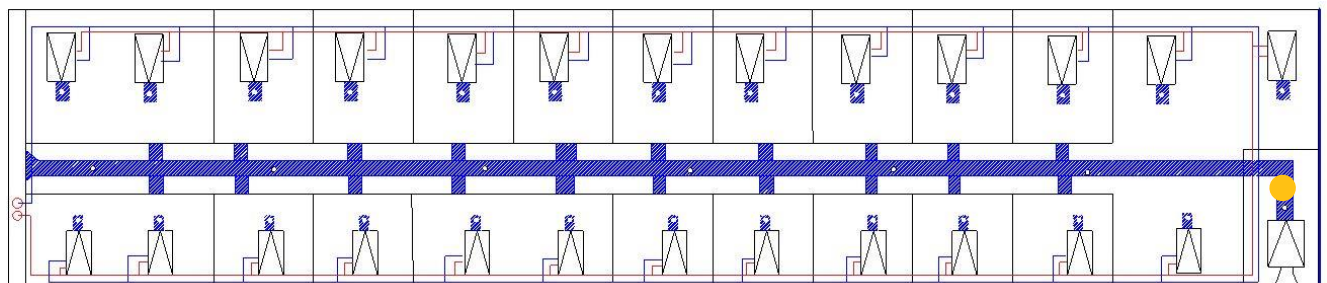


Figura 4-7 Ubicación del sensor DS18B20 en la planta baja para el registro de la temperatura de salida de aire de la UTA

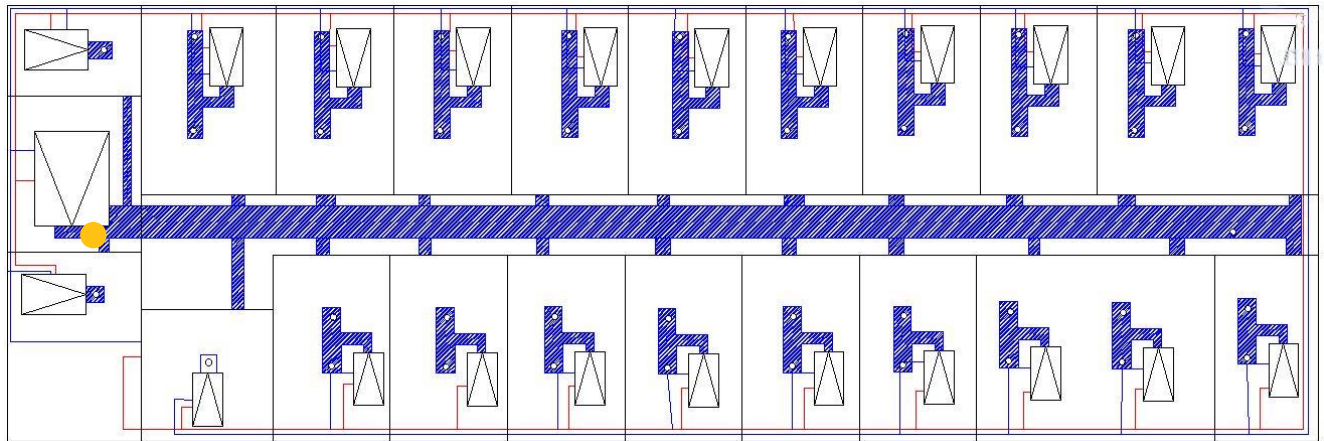


Figura 4-8 Ubicación del sensor DS18B20 en la primera planta para el registro de la temperatura de salida de aire de la UTA

Se requerirán dos sensores, uno por cada UTA, y se ubicarán en el conducto de ventilación posterior a la unidad de tratamiento de aire.

4.4.1.4 Temperatura del agua de impulsión y retorno de la bomba de calor

La temperatura del agua de impulsión y retorno, aparte de proporcionarnos el dato del salto térmico entre ambas, nos proporcionará la información suficiente para determinar el rendimiento de la bomba de calor, así como la eficiencia energética de la misma.

Esta temperatura es esencial para conseguir en el edificio una temperatura óptima ya que es la mayor aportación de frío o calor de todo el sistema de climatización del edificio.

Al igual que en los dos apartados anteriores, el sensor escogido para determinar la temperatura en este caso será el sensor DS18B20 de la empresa Maxim Integrated.

En los siguientes esquemas (Figura 4-9)y (Figura 4-10)se representa mediante un punto naranja la ubicación donde deberán ir instalados dichos sensores.

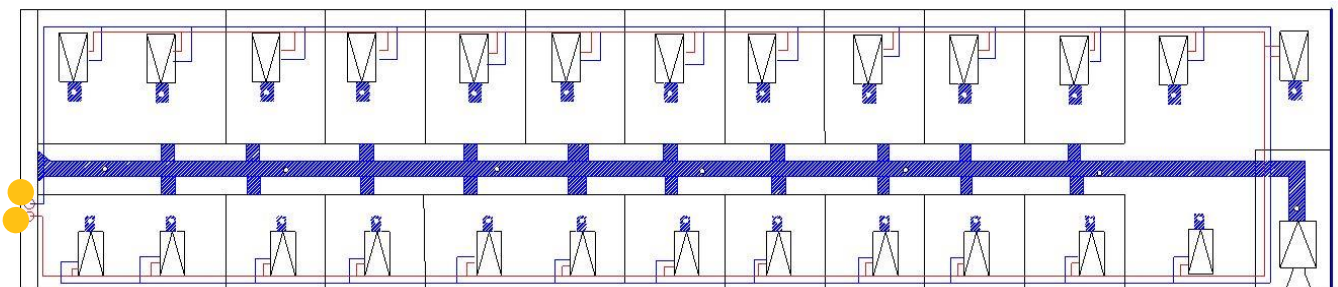


Figura 4-9 Ubicación de los sensores DS18B20 de la planta baja para el registro de la temperatura del agua de impulsión y retorno de la bomba de calor

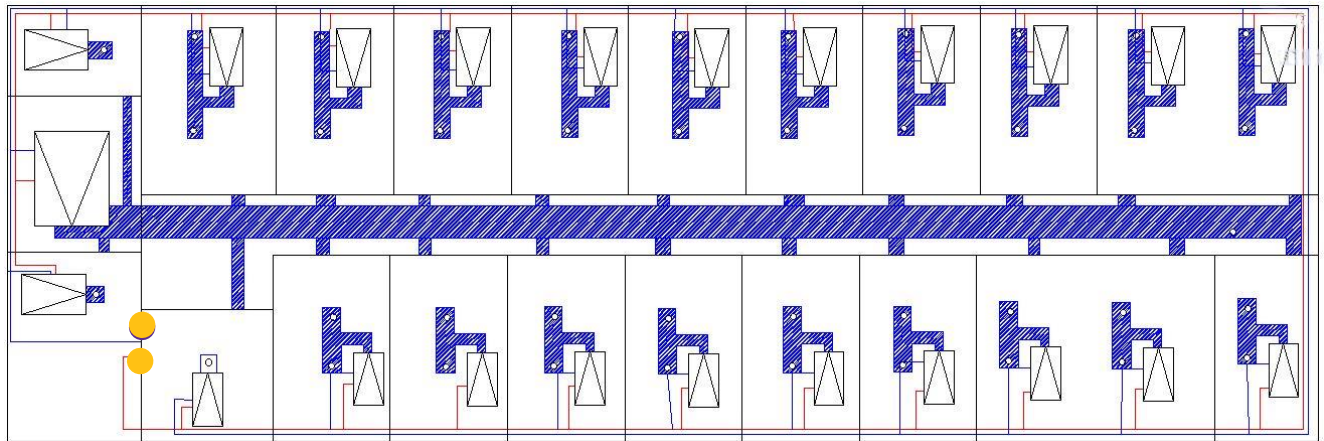


Figura 4-10 Ubicación de los sensores DS18B20 de la primera planta para el registro de la temperatura del agua de impulsión y retorno de la bomba de calor

Se instalarán un total de 4 sensores de temperatura, dos por cada planta del edificio, uno en la tubería de agua de impulsión y otro en la de retorno.

4.4.2 Caudal de aire

4.4.2.1 Caudal de aire de recirculación proporcionado por el fancoil de techo de cada estancia

Cuando el fancoil recoge aire de la estancia, lo mezcla con el aire de renovación que viene traído por la UTA, y hace que recircule dentro de la estancia, hace que este, mediante su sección de baterías se enfríe o caliente dependiendo de las necesidades.

De esta manera, el caudal de aire de recirculación proporcionado por los fancoils de techo determinará cuánta cantidad de aire calentado o enfriado se proporcionará a cada estancia, proporcionando esa temperatura óptima en cada estancia.

Los sensores elegidos para recoger los datos de estos caudales serán los sensores de la circulación de aire de Zephyr Digital de la empresa Honeywell (Figura 4-11), estos ofrecen una interfaz digital que permite leer el caudal de aire en unos rangos de temperatura compensada. Cuenta con un calentador térmicamente aislado y unos elementos de detección de temperatura que hacen que estos sensores escogidos nos den una respuesta rápida al flujo de aire.

Estos están diseñados de forma que puedan medir el flujo de masa de aire en los rangos de ± 50 , ± 100 , ± 200 , ± 400 o ± 750 centímetros cúbicos por minuto. También cabe destacar que están compensados para trabajar en un rango de temperaturas de entre -20°C hasta los 85°C .

Están diseñados para funcionar mediante el principio de transferencia de calor para poder medir el flujo de masa de aire, compuesto por un sistema micro electromagnético y microelectrónico con unas resistencias incorporadas altamente sensibles a la temperatura. Ofrecen alto rendimiento y la medida exacta con la venda de error total más pequeña de la industria, con un tiempo de error rápido, una alta exactitud, alta estabilidad y una gran sensibilidad [49].



Figura 4-11 Sensor de aire Zephyr Digital Honeywell [50].

A continuación, se ubicarán en los esquemas de las dos plantas (Figura 4-12) y (Figura 4-13) donde deberán instalarse dichos sensores.

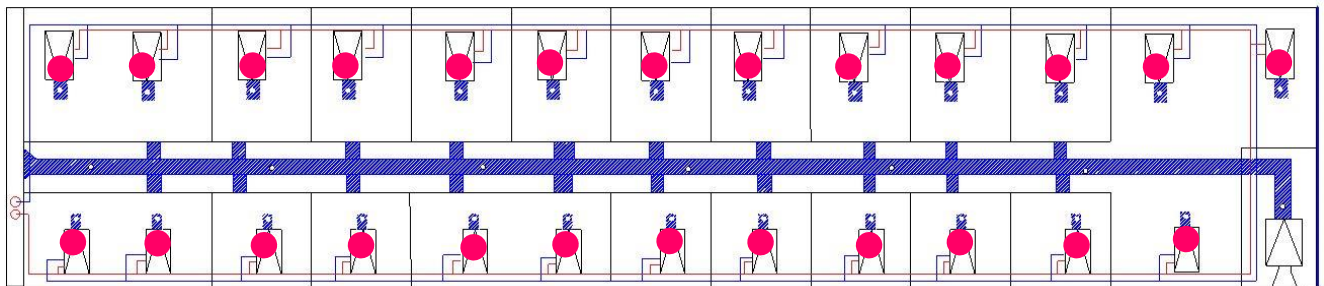


Figura 4-12 Ubicación de los sensores de aire de Zephyr Digital Honeywell en la planta baja para el registro del caudal de aire de recirculación proporcionado por el fancoil de techo

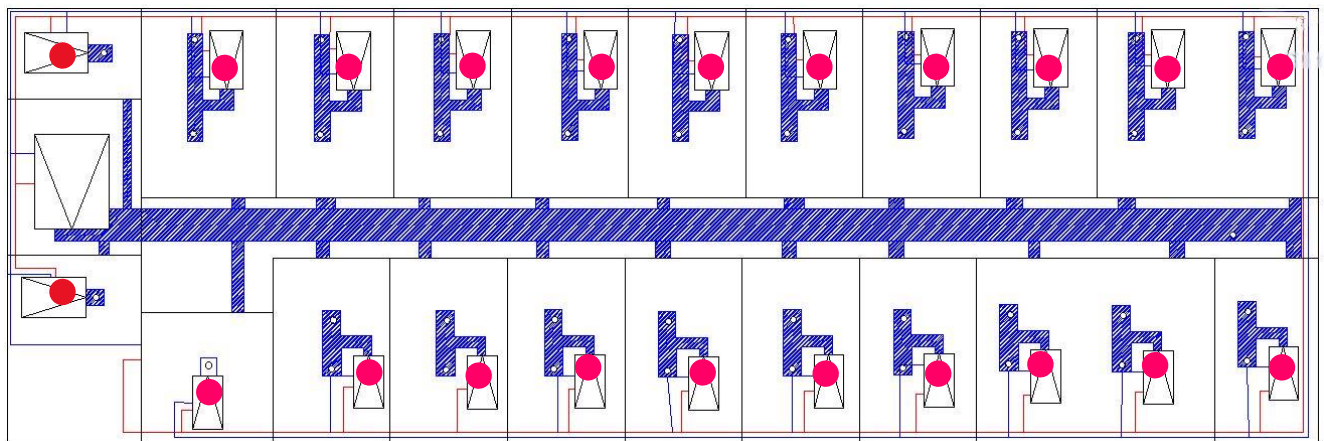


Figura 4-13 Ubicación de los sensores de aire de Zephyr Digital Honeywell en la primera planta para el registro del caudal de aire de recirculación proporcionado por el fancoil de techo

Se necesitará un número de sensores equivalente al número de fancoils de techo de la instalación de climatización, por lo que se dispondrán un total de 47 sensores de caudal de aire.

4.4.2.2 Caudal de aire de entrada a las UTAs del exterior

El caudal de entrada a las Unidades de Tratamiento de Aire determinará cuánto aire exterior entra al edificio para su posterior circulación mediante el sistema de ventilación.

Un caudal de aire insuficiente en la entrada de las UTAs pobre podrá significar el incorrecto funcionamiento de estas Unidades de Tratamiento de Aire, ya que su misión principal es recoger dicho aire, filtrarlo, precalentarlo e impulsarlo por los conductos de aire de ventilación para poder renovar el aire no deseado de cada estancia, pasillo, aseos, o salas de reunión del edificio, por lo que, si este caudal no es suficiente, tampoco lo será el caudal de circulación de aire de renovación.

El sensor escogido será el mismo anteriormente descrito para medir el caudal de aire de recirculación, el sensor de aire de Zephyr Digital de la empresa Honeywell.

En los siguientes esquemas (Figura 4-14) y (Figura 4-15) se muestra su ubicación.

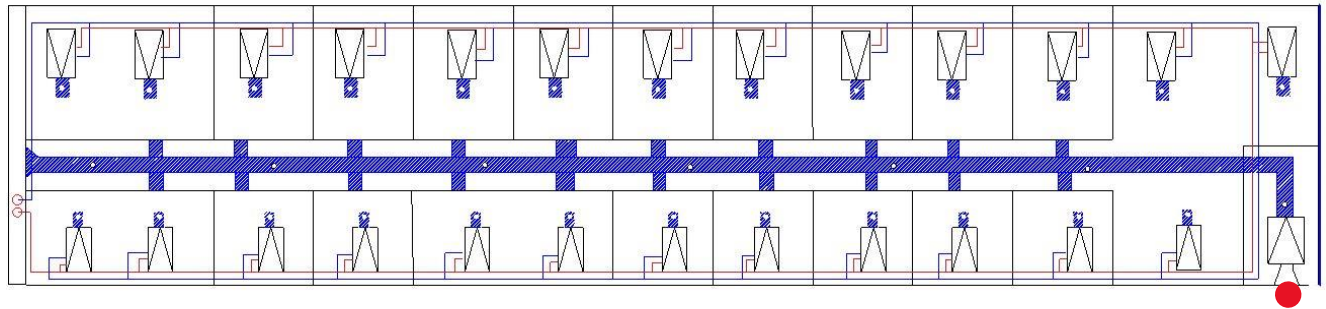


Figura 4-14 Ubicación del sensor de aire Zephyr Digital Honeywell en la planta baja para el registro del caudal de aire de entrada a la UTA

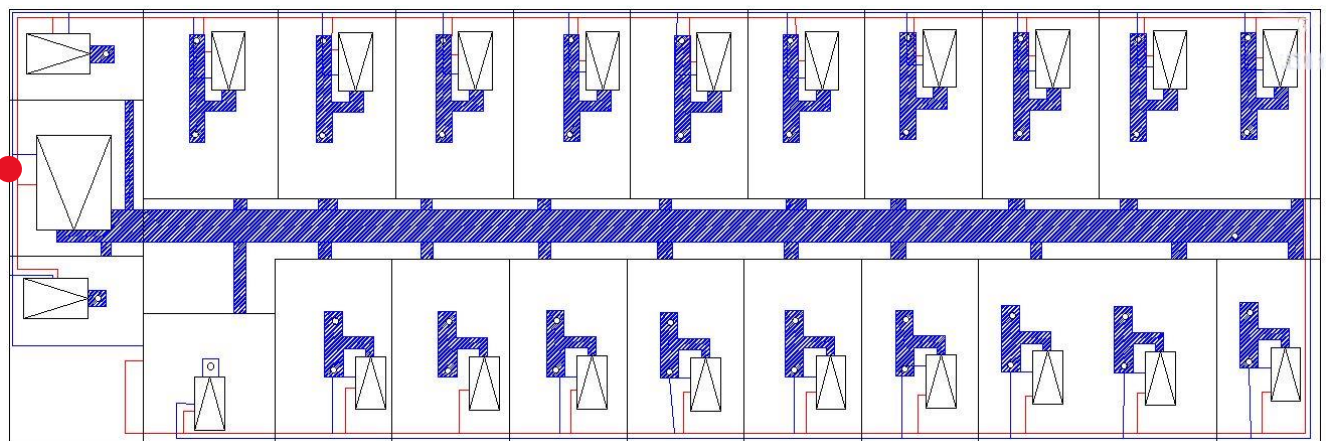


Figura 4-15 Ubicación del sensor de aire Zephyr Digital Honeywell en la primera planta para el registro del caudal de aire de entrada a la UTA

En este caso necesitaremos dos sensores, uno para cada entrada de aire a la UTA de cada planta.

4.4.2.3 Caudal de aire de renovación en cada estancia

La unidad de tratamiento de aire impulsa aire de renovación hasta las estancias y pasillos, este caudal será un parámetro fundamental ya que determinará la cantidad de aire de renovación que entra en la estancia, y su continua medición con los sensores de caudal escogidos Zephyr Digital de la empresa Honeywell determinará si se producen las renovaciones por hora mínimas establecidas por los reglamentos y normas.

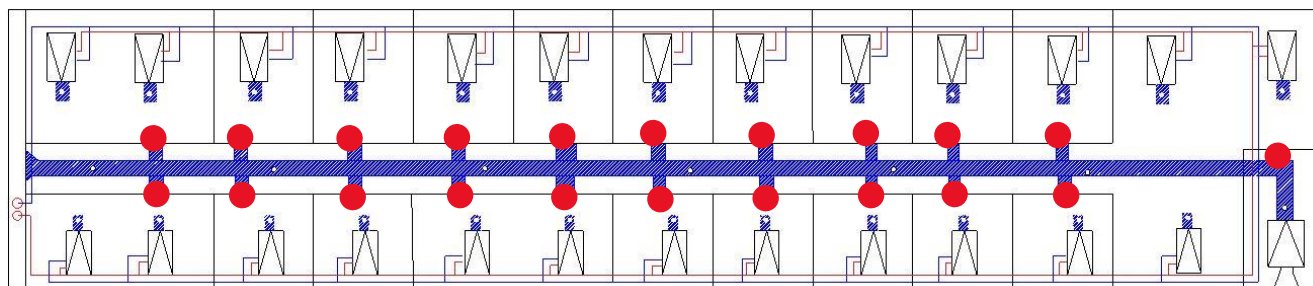


Figura 4-16 Ubicación de los sensores Zephyr Digital Honeywell de la primera planta para el registro del caudal de aire de renovación

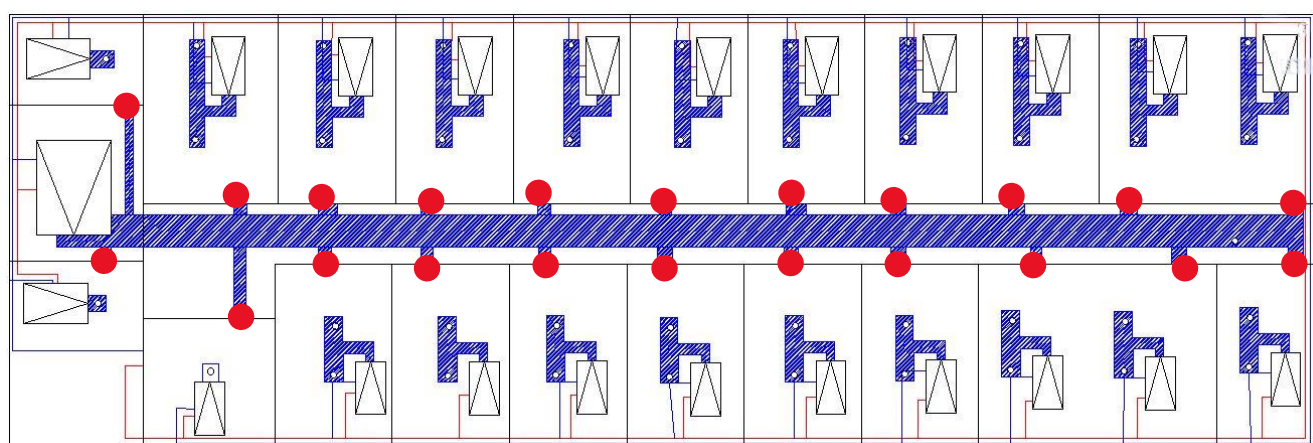


Figura 4-17 Ubicación de los sensores Zephyr Digital Honeywell de la planta baja para el registro del caudal de aire de renovación

Como se puede apreciar en los anteriores esquemas (Figura 4-16) y (Figura 4-17), se necesitarán un total de 43 sensores para monitorizar dicho parámetro.

4.4.3 Consumos eléctricos

4.4.3.1 Consumo eléctrico del ventilador de las UTAs

Para impulsar el aire de renovación, el ventilador de las unidades de tratamiento de aire requiere un consumo eléctrico. Para determinar un consumo eficiente de la instalación de ventilación se ha decidido incluir en la red de sensores para la determinación de los parámetros de funcionamiento un sensor de consumo eléctrico de efecto hall en cada una de las tomas de red del circuito eléctrico de las dos unidades de tratamiento del edificio.

El sensor escogido es el HSTS21 (Figura 4-18), el cual se sirve del efecto hall para la determinación de la corriente que atraviesa el sensor. Al fluir corriente por un sensor Hall y aproximarse un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un voltaje saliente proporcional al producto de la fuerza del campo magnético y de la corriente. Si se conoce el valor de la corriente, entonces se puede calcular la fuerza del campo magnético; si se crea el campo magnético por medio de corriente que circula por una bobina o un conductor, entonces se puede medir el valor de la corriente en el conductor o bobina [51].



Figura 4-18 Sensor de corriente HSTS21 [52].

4.4.3.2 Consumo eléctrico de la bomba de calor

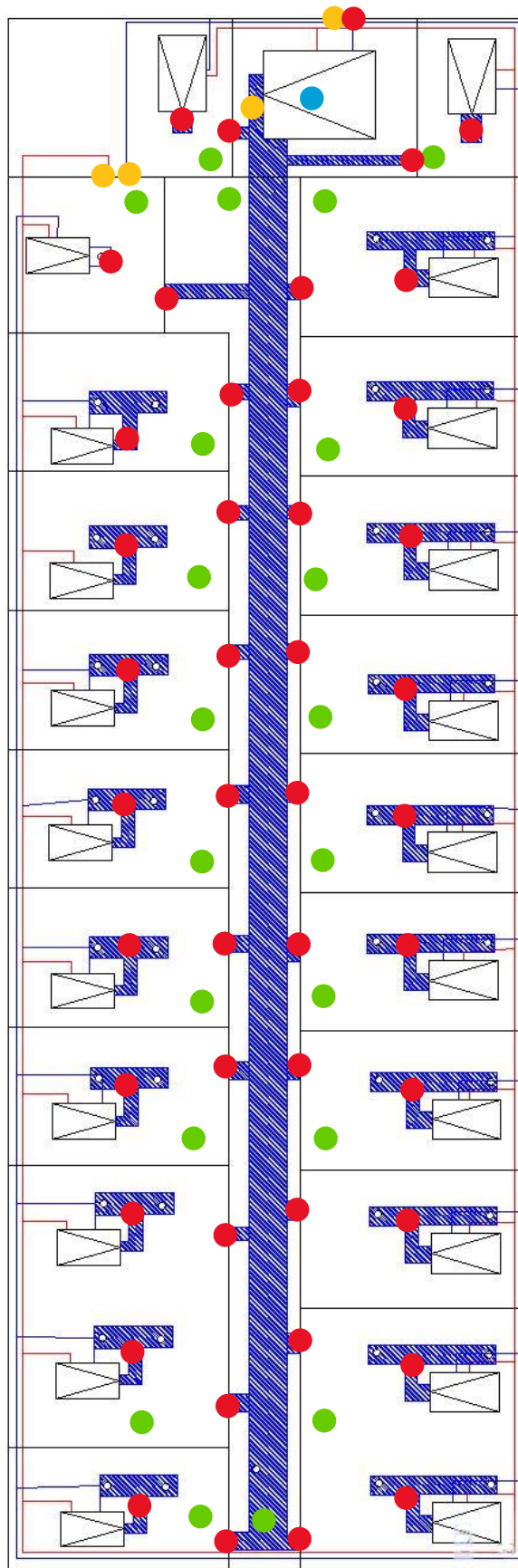
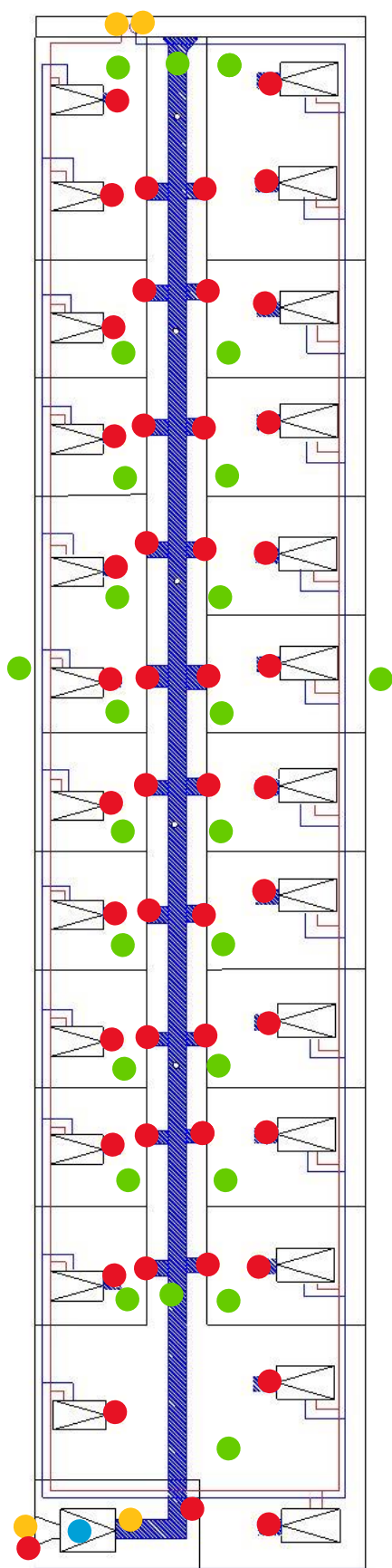
De la misma manera que las UTAs, la bomba de calor requiere un consumo eléctrico para su funcionamiento. El sensor escogido para completar la red de sensores es el mismo que en apartado anterior, el sensor HSTS21, el cual irá instalado en la toma de red del circuito eléctrico.

4.4.4 Vista general de la ubicación de los sensores

A continuación, en las siguientes figuras, mostraré mediante un código de colores donde deben ir ubicados todos los sensores en su conjunto final.

El siguiente código de colores será:

- Verde: Sensor de temperatura, presión y humedad BME280.
- Rojo: Sensor de caudal de aire Zephyr Digital Honeywell.
- Naranja: Sensor de temperatura DS18B20.
- Azul: Sensor de corriente de efecto hall HSTS21.



4.4.5 Tabla resumen de sensores

En la siguiente tabla (Tabla 20) se muestran las unidades totales de sensores requeridos para la toma de datos, así como el precio total de las mismas.

Sensor	Unidades planta baja	Unidades primera planta	Unidades totales
BME280	25	21	46
Zephyr Digital Honeywell	47	45	92
DS18B20	4	4	8
HSTS21	1	2	3
Total	77	72	149

Tabla 20 Tabla resumen de los sensores

4.4.6 Herramientas para la adquisición de datos

Una vez seleccionados los sensores necesarios y su ubicación para la toma de datos, se describirán a continuación las herramientas necesarias para poder almacenar, comunicar y analizar dichos datos.

4.4.6.1 Equipamiento hardware

- **Módulo ESP32**

Para registrar datos de manera remota, se ha decidido dar un enfoque al internet de las cosas (apartado 2.5). El equipo escogido es el módulo ESP32, el cual ofrece soporte para WiFi, cuenta con un consumo muy bajo y un tamaño reducido. Estas características hacen que el módulo ESP32 sea adecuado para el diseño de la red de sensores, debido a que la conectividad positiva con todos los sensores escogidos y su capacidad para el internet de las cosas son importantes.

El módulo ESP32, una vez programado, recopila los datos de una forma automática, enviándolos a través de la red WiFi a un servidor donde se centralizan y almacenan todos los datos. Posteriormente, mediante un ordenador conectado a la misma red, se almacenan y se administran los datos recogidos [53].

La siguiente figura (Figura 4-19) muestra la arquitectura del sistema.

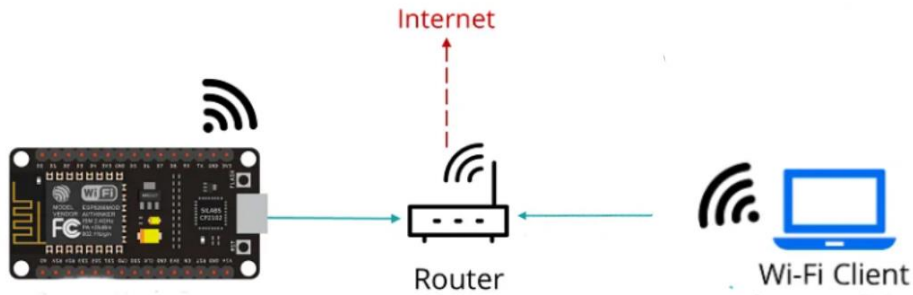


Figura 4-19 Arquitectura del sistema del módulo ESP32

Este dispositivo puede ser utilizado en diversas aplicaciones, tanto de redes de sensores que requieren una baja potencia, hasta tareas que requieren una mayor potencia como señales de audio o decodificación MP3.

Para poder registrar los datos de todos los sensores del diseño, se requiere de un módulo ESP32 para cada estancia, extremo de cada pasillo, unidad de tratamiento de aire, toma de la bomba de calor, y registro del exterior, lo que supone un total de 52 módulos ESP32.

La razón por la que no se requiere un módulo ESP32 por cada sensor, es debido a que este, puede estar conectado a varios sensores al mismo tiempo (Figura 4-20), de esta manera, en los lugares donde se encuentren sensores agrupados valdrá un solo módulo ESP32.

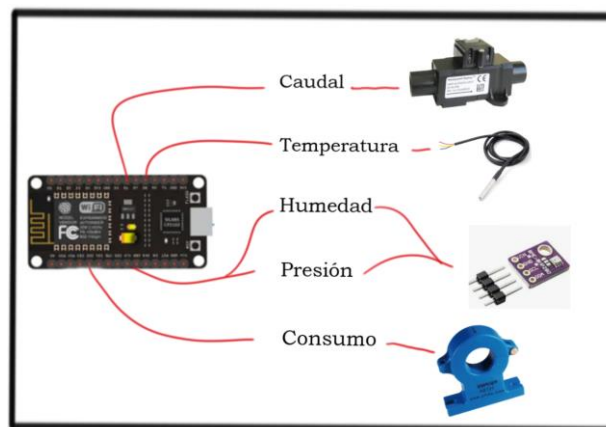


Figura 4-20 Croquis de la capacidad de conexión del ESP32 con los diferentes sensores

- **Equipamiento auxiliar**

Para el diseño de instalación del equipo de adquisición de datos serán necesarios los siguientes equipos auxiliares:

1. Cajas de plástico: las cajas de plástico servirán como estructura donde colocar y proteger el módulo ESP32 y su cableado, de manera similar a como se puede apreciar en la Figura 4-21. Se necesitará un total de 52 cajas de plástico igual al número de módulos ESP32.



Figura 4-21 Ejemplo de caja de plástico protectora

La caja de plástico escogida para el diseño del sistema de adquisición de datos será la caja de plástico de la empresa Benecreat, de dimensiones 12x9x3 cm.

2. Adaptador de corriente o fuente de alimentación: el módulo ESP32 funciona con una alimentación de 5V, que puede ser suministrada mediante baterías o mediante un adaptador de corriente. Para esta aplicación se ha optado por utilizar adaptadores de corriente para alimentar el módulo desde la red eléctrica convencional del centro, de 220V en alterna. Se ha escogido el adaptador para conexión a la fuente de alimentación de la marca Aukru (Figura 4-22), se necesitará uno por cada módulo ESP32.



Figura 4-22 Adaptador fuente de alimentación Aukru [54].

3. Cable para conexión: para poder conectar los diferentes sensores a los módulos ESP32 es necesaria la adquisición de cable de conexión. El escogido será el cable eléctrico de 0,3mm² de la compañía NorthPada (Figura 4-23), cada bobina cuenta con una longitud de 8 metros, teniendo en cuenta que se necesitará aproximadamente un metro de cable para cada sensor, necesitaremos 149 metros de cable, por lo que se ha calculado que serán necesarias 19 bobinas de 8 metros.



Figura 4-23 Cable eléctrico de la compañía NorthPada [55].

4. Equipo para registro de datos: Para poder instalar y poner en producción el software necesario para el registro y visualización de los datos se debe adquirir un equipo informático de gama media. Se ha escogido un ordenador no muy potente ya que los requisitos para el procesamiento para el almacenamiento y el visionado de los datos no son muy elevados. El software será descrito en el siguiente apartado.

4.4.6.2 Equipamiento software

- **Broker MQTT Mosquitto**

MQTT hace referencia a las siglas *Message Quering Telemetry Transport*, es un protocolo de mensajería diseñado para telemetría M2M (máquina a máquina). Este protocolo se está convirtiendo actualmente en uno de las principales herramientas para despliegues del internet de las cosas, éste permite que los dispositivos del internet de las cosas que disponen de recursos limitados envíen información a un servidor funcionando como un agente de mensajes MQTT. Una vez la información se ha enviado a el servidor, es enviada a los clientes que se hayan previamente suscrito al sistema [56].

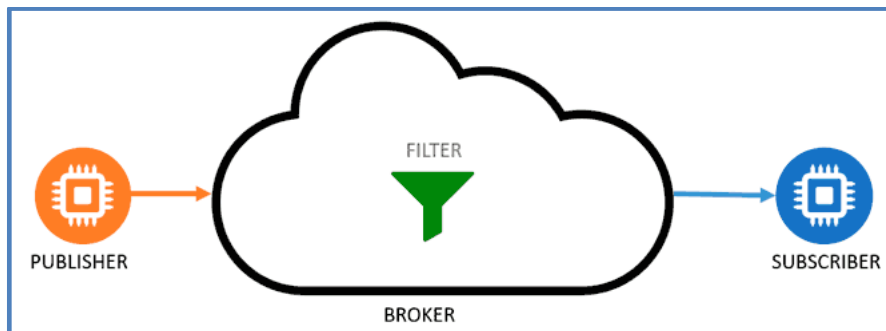


Figura 4-24 Funcionamiento del protocolo MQTT [56].

En la Figura 4-24 podemos observar el funcionamiento del protocolo MQTT, donde se encuentra en el centro el *broker*, el cual es un programa encargado de recibir, filtrar y distribuir información a los clientes conectados a el servidor. MQTT es idóneo para aplicaciones que utilizan dispositivos M2M e IoT para propósitos tales como análisis y monitorización en tiempo real, incluyendo hogares inteligentes, sanidad, logística, industria y fabricación.

Mosquitto es el *broker* MQTT escogido debido a que es de código abierto y ampliamente utilizado debido a su ligereza, que facilita su empleo en cualquier ambiente, aunque éste sea de pocos recursos [57].

- **Node-Red**

Node-RED será la herramienta de programación destinada a establecer la interconexión entre los diferentes sensores escogidos y la base de datos, la cual se describe en el siguiente apartado. Esta herramienta de programación es capaz de conectar varios dispositivos ya sean hardware como de servicios de internet.

Se trata de una herramienta de código libre encuadrada en la familia de herramientas de programación basadas en flujos, que funciona de una forma muy visual, donde el usuario no necesita conocer ningún tipo de lenguaje, muestra visualmente las relaciones y funciones y se pueden añadir o eliminar nodos y conectarlos entre sí con el fin de hacer que se comuniquen entre ellos.

Resulta una herramienta idónea para el diseño del sistema de adquisición de datos debido a que tiene un enfoque a el internet de las cosas, simplificando la conectividad y los servicios, manejándolos de forma eficiente ganando tiempo en el registro y gestión de la información [58].

- **Base de datos InfluxDB**

Es un sistema de gestión de base de datos desarrollada por Influxdata, esta base de datos es un software de código abierto y se puede usar de forma gratuita. Está disponible como un servicio en la nube, totalmente personalizable, con una interfaz de usuario basada en web para registrar y visualizar datos [59].

Este sistema de gestión ha sido creado para bases de datos de time series, las cuales almacenan series temporales, para almacenar y evaluar datos captados por sensores por un periodo de tiempo establecido.

InfluxDB dispone de un servicio de tiempo que usa el Network Time Protocol, el cual es un protocolo para sincronizar varios relojes de red en sistemas informáticos con un conjunto de servidores dispersos, evitando fuentes de error debidas a el tiempo, y así garantizando una sincronización. Gracias a esto, es posible gestionar todos los datos proporcionados por los equipos del internet de las cosas, ya que, al ser un número tan elevado de datos, requiere una gestión extremadamente rápida [60].

Todas estas características comentadas hacen de InfluxDB una herramienta idónea para recoger todos los datos proporcionados por los equipos del internet de las cosas, como nuestros sensores escogidos.

- **Grafana**

Grafana es una herramienta diseñada para visualizar datos de serie temporales, desarrollada en software libre. A partir de una serie de datos recolectados se obtiene una visualización gráfica de la situación y del registro de los sensores. Los gráficos de los que se disponen son rápidos y flexibles, con numerosas opciones. Se pone a la disposición del usuario paneles dinámicos y reutilizables para poder modificar distintos aspectos de las gráficas.

El objetivo esencial de Grafana es mostrar los datos de monitoreo de una forma fácil de manejar y simple. Cabe destacar que es capaz de recopilar de forma nativa datos del sistema de gestión de base de datos InfluxDB, sin coste debido a su versión gratuita [61].

Además, dispone de la opción de agregar una alarma que, de forma automática llama a un menú emergente cuando un valor previamente establecido se alcanza.

Por lo tanto, Grafana es una herramienta que se adecúa de forma perfecta a la monitorización de las mediciones de los sensores escogidos, ya que proporciona directamente gráficas de fácil visualización y sencillo manejo, para posteriormente ser analizadas y obtener unos resultados, sin la necesidad de recoger datos y elaborar gráficas de manera manual.

4.4.7 Comunicaciones de la herramienta de adquisición de datos.

Este apartado trata de dar una visión general del sistema de conexiones y comunicaciones entre los distintos equipos y softwares que conforman el sistema de adquisición de datos planteado.

En la siguiente figura (Figura 4-25) se observa un esquema gráfico de las herramientas de sistema de adquisición de datos, con sus principales componentes: los sensores, el datalogger ESP32, Node-Red, la base de datos InfluxDB y por último el visor gráfico Grafana.

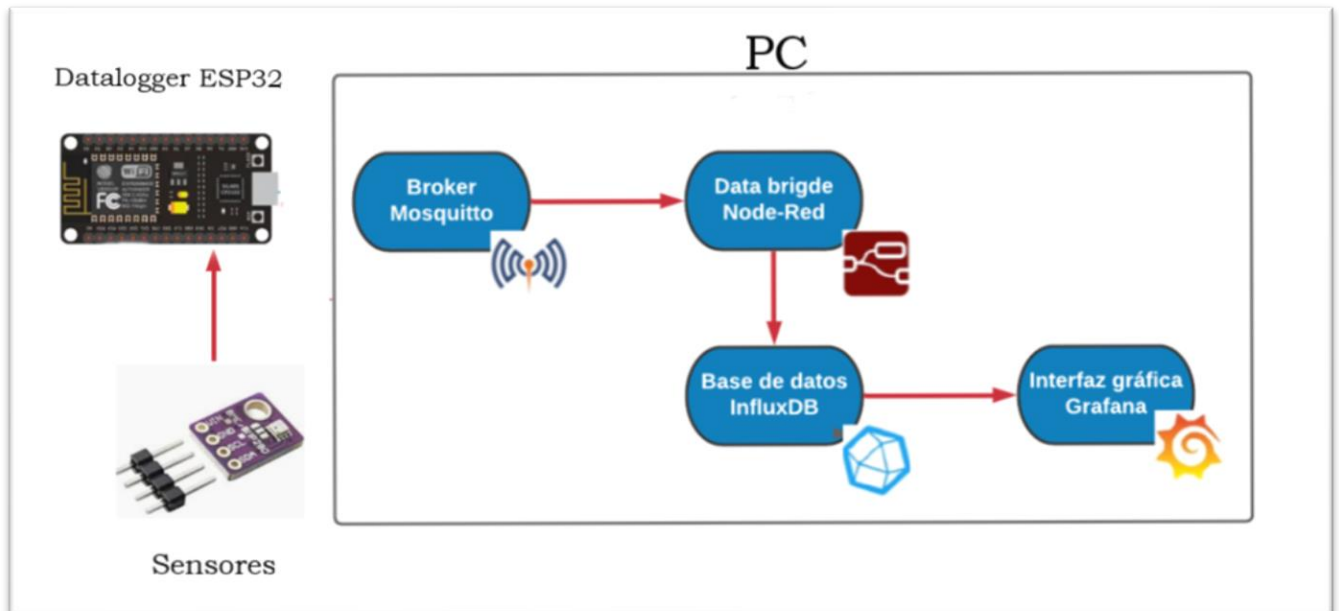


Figura 4-25 Esquema general de las comunicaciones del sistema de adquisición de datos

El funcionamiento general del sistema es el siguiente:

1. El equipo de adquisición de cada estancia (ESP32 y sensores) toma medidas periódicamente.
2. Cada cierto tiempo, el módulo ESP32 envía los datos mediante conexión inalámbrica de red (WiFi) y el protocolo MQTT al servidor donde se encuentra el software de gestión de datos.
3. Con la ayuda de la herramienta Node-Red se digieren los mensajes enviados por el protocolo MQTT y se almacenan en la base de datos InfluxDB.
4. Una vez almacenados los valores de los sensores en la base de datos InfluxDB ya se disponen las medidas registradas para poder ser analizadas.
5. Por último, los datos se pueden visualizar y analizar con la interfaz gráfica Grafana, donde se van organizando en diferentes gráficas para su interpretación (Figura 4-26), disponiendo de la procedencia y hora de los datos registrados.

Cabe destacar que la instalación y puesta en marcha de este software no entra dentro de los objetivos de este trabajo, sino que solo se tiene en cuenta para evaluar los requerimientos mínimos necesarios para el correcto diseño del sistema de adquisición de datos.

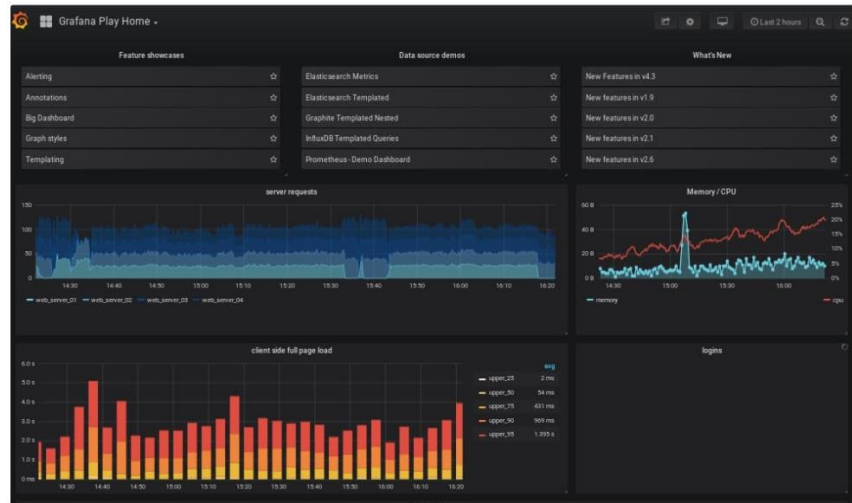


Figura 4-26 Dispositivo en línea de Grafana [61].

4.4.1 Presupuesto del sistema de adquisición de datos

En la siguiente tabla (Tabla 21) se muestra el precio del diseño del sistema de adquisición de datos, teniendo en cuenta todos los sensores, Módulos ESP32, equipos auxiliares y software necesarios para monitorizar los parámetros de funcionamiento de las instalaciones de ventilación y climatización, así como el precio de las horas de diseño de ingeniero y del instalador.

Sensor	Unidades planta baja	Unidades primera planta	Unidades totales	Precio por unidad	Precio total
BME280	25	21	46	6,66 €	306,51 €
Zephyr Digital Honeywell	47	45	92	121,19 €	11755,43 €
DS18B20	4	4	8	1,89 €	15,12 €
HSTS21	1	2	3	13,68 €	41,04 €
Módulo ESP32	27	24	52	9,49 €	493,48 €
Cajas plástico	27	24	52	1,45 €	75,4 €
Fuentes alimentación	27	24	52	9,99 €	519,48 €

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y CONTROL DE UNA
UTA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Bobinas cable conexión	9	10	19	5,5 €	104,5 €
PC	-	-	1	500 €	500 €
Horas diseño ingeniero	-	-	30	50 €	1500 €
Horas instalador	-	-	50	20 €	1000 €
				Total	16310,96 €

Tabla 21 Presupuesto total del diseño del sistema de adquisición de datos.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Descripción del apartado

En el último apartado de este trabajo se procederá a exponer una recapitulación de las conclusiones extraídas. Finalmente, se plantearán una serie de posibles líneas futuras para continuar con el desarrollo y mejora de la materia tratada a lo largo de este documento.

5.2 Conclusiones

Llegados a este punto es necesario echar la vista atrás con el fin de poner en una balanza todo el trabajo realizado y cerciorarnos de que el esfuerzo y tiempo invertidos han sido útiles para la consecución de los objetivos propuestos.

Como se ha ido exponiendo a lo largo del presente proyecto es fundamental contar con una instalación de ventilación y climatización eficientes que pueda asegurar un aire limpio y renovado, así como una temperatura óptima tanto por temas de rendimiento y confort, como de temas de salud, sobre todo en los tiempos que corren, atravesando una pandemia, donde el poder de contagio se ve notablemente reducido con una correcta ventilación.

Para poder realizar el desarrollo y llegar a unos resultados en este trabajo, se realizó un estudio de los diferentes parámetros físicos que definen un ambiente saludable y de confort, así como las diferentes maneras de medirlos. También se estudió el concepto del internet de las cosas, el cual tendría consecuencia en el diseño de la propuesta del un sistema de la adquisición de datos, uno de los objetivos del trabajo.

Tras el estudio detallado del edificio del Centro Universitario de la Defensa dentro de la Escuela Naval Militar y sus instalaciones de ventilación y climatización, así como el estudio y entendimiento del funcionamiento de una unidad de tratamiento de aire, se han podido determinar qué parámetros de funcionamiento y control son fundamentales en una unidad de tratamiento de aire para abastecer de aire limpio y renovado a las diferentes estancias pasillos del centro, así como los diferentes parámetros que definen un ambiente saludable para un trabajador.

Una vez determinados los parámetros, se llevó a cabo unas mediciones de los mismos, con el propósito de analizarlos y compararlos con los reglamentos y normativas vigentes del Código Técnico de la Edificación (CTE) y del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), que regulan las condiciones mínimas a cumplir. Una vez analizados los datos, se comprobó que no todas las estancias cumplen con estas normativas y reglamentos en lo referente a el aporte de aire exterior de ventilación, debido a que el caudal de renovación que llega a esta estancia desde la unidad de tratamiento de aire es insuficiente. Sin embargo, se ha podido comprobar por medio de la realización de este trabajo y a través de los datos obtenidos y analizados, que la instalación de climatización trabaja correctamente y es capaz de satisfacer las necesidades en lo referido al confort térmico. La medición de los parámetros de la instalación también ha permitido establecer los rangos de medida que deben cumplir los sensores del sistema de adquisición de datos a diseñar en el trabajo.

Finalmente, tras la determinación de los parámetros de funcionamiento y control, el rango de valores donde nos situamos en las mediciones tomadas y el estudio de las instalaciones de ventilación y climatización, se ha diseñado la propuesta para una posible futura instalación de un sistema de adquisición de datos que monitorice los distintos parámetros fundamentales tanto de la instalación de ventilación como de la de climatización. Para este sistema de adquisición se ha diseñado conceptualmente un pequeño equipo que incorpora los sensores para la toma de datos y comunicación remota de los mismos y se propone el uso de un servidor para la centralización de los datos y el software necesario, que realiza las labores de gestión y almacenaje de los datos. También se ha estimado el coste del desarrollo y la instalación del sistema de adquisición.

5.3 Líneas futuras

Tras la finalización de este proyecto quedan una serie de cuestiones en el aire y puede definirse una línea de trabajo para que, en un futuro, el trabajo realizado pueda servir en base a todos aquellos que quieran indagar aún más en el estudio de las instalaciones de climatización y ventilación del edificio del Centro de la Universidad de la Defensa de la Escuela Naval Militar, así como para cualquier otro proyecto que base sus objetivos en determinar los parámetros de funcionamiento de alguna de estas instalaciones.

Este proyecto da pie al estudio de la adquisición de unas Unidades de Tratamiento de Aire capaces de satisfacer los requerimientos establecidos por el CTE y el RITE en todas las estancias y pasillos del centro.

La línea futura más determinante de este trabajo es la instalación del sistema de adquisición de datos propuesto, con el fin de monitorizar de forma continua el correcto funcionamiento de las instalaciones.

Como hemos podido comprobar anteriormente, en el aula de reuniones de la planta baja existe un caudal de aire exterior de ventilación que está muy por debajo del requerido, unas de las posibles actuaciones para solventar este problema en aumentar la potencia de la unidad de tratamiento de aire; actualmente se encuentra al 70%, cabría la posibilidad de estudiar cual sería el caudal de aporte exterior de ventilación si se aumentara la potencia, haciendo un estudio de su consumo y el precio que esto conlleva.

Para ser más precisos, si el fin de un futuro proyecto es la instalación del diseño realizado del sistema de adquisición de datos, se podría desarrollar una estructura en la que, tras el estudio de las estancias más desfavorables a cumplir las normativas y reglamentos, y asegurando un correcto funcionamiento en las demás estancias, sean tan solo las más desfavorables las monitorizadas de manera continua, de esta manera, quedaría un desarrollo más sencillo, más económico y fácil de monitorizar.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. G. Valiente, «Instalaciones de climatización y ventilación,» 2011.
- [2] Código técnico de la edificación, «www.codigotecnico.org,» Ministerio de transporte, movilidad y agenda urbana, 2020. [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/>.
- [3] Reglamento de instalaciones térmicas en edificios, «www.idae.es,» Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020. [En línea]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-edificios>.
- [4] Caudal de aire: qué es y principales métodos de medición, «www.solerpalau.com,» 14 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/caudal-de-aire-principales-metodos-medicion/>.
- [5] Direct Industry, «www.directindustry.es,» Virtualexpo Group, [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/tsi/product-22441-395535.html>.
- [6] Dademuchconnection, «www.dademuch.com,» Dademuchconnection, 28 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://dademuch.com/2019/11/28/el-tubo-de-pitot-mecanica-de-fluidos/>.
- [7] L. B. Pérez, «Sistema de gestión centralizado para el control de la climatización de un edificio,» Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2011.
- [8] Ambiente térmico: inconfort térmico local, «www.insst.es,» Marzo 2015. [En línea]. Available: https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_501.pdf/24b8f22e-7ce7-43c7-b992-f79d969a9d77.
- [9] Raffino, María Estela, «www.concepto.de,» 18 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/presion-2/>.
- [10] Omega Engineering, «es.omega.com,» [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/termometros-infrarrojos.html>.
- [11] tutermómetrodigital, «www.tutermómetrodigital.es,» [En línea]. Available: <https://tutermómetrodigital.es/>.
- [12] PCE-Ibérica, «www.pce-iberica.es,» [En línea]. Available: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/manometros-pitot.htm>.
- [13] KKmon, «www.kkmoon.com,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.kkmoon.com/home-improvement-2930/>.
- [14] Instrumentos Testo S.A., «www.testo.com,» [En línea]. Available: https://www.testo.com/es-ES/data-loggers-registradores-de-datos/registro-de-temperatura/c/product_type_data_logger_monitoring_data_logger_food.
- [15] Pardo, Carlos, Sensor de temperatura, «www.picuino.com,» [En línea]. Available: <https://www.picuino.com/es/arduprog/sensor-temp.html>.

- [16] Carolyn Mathas, «www.digikey.com,» Didi-Key Electronics, 27 Octubre 2011. [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/es/articles/temperature-sensors-the-basics>.
- [17] Ismael Fernandez, «www.comofunciona.co.com,» 10 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://comofunciona.co.com/un-termistor/>.
- [18] Hardwarelibre, DHT22: el sensor de temperatura y humedad de precisión, «www.hwlibre.com,» Hardware libre, [En línea]. Available: <https://www.hwlibre.com/dht22/>.
- [19] Alpha Omega Electronics, «www.alphaomega-electronics.com,» [En línea]. Available: <https://www.alphaomega-electronics.com/es/para-interior-e-intemperie/1947-pyrocube-sensor-de-temperatura-por-infrarrojos-con-respuesta-rapida.html>.
- [20] Humeringeniería. Cómo medir humedad., «www.humeringeniería.com,» 25 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://humeingenieria.es/blog/como-medir-la-humedad/>.
- [21] Gutierrez, Matás, «www.ecologiahoy.com,» 2019 Abril 2019. [En línea].
- [22] Fisair. La importancia del control de la humedad del aire, «www.fisair.com,» 30 12 2016. [En línea]. Available: <https://fisair.com/es/importancia-del-control-de-la-humedad-del-aire/>.
- [23] Neurtek. Higrómetro de Contacto Protimeter Surveymaster, «www.neurtek.com,» [En línea]. Available: <https://www.neurtek.com/es/pintura-recubrimientos/medidores-temperatura-humedad/higrometros/higrometro-contacto-protimeter-surveymaster>.
- [24] García, Cristina, «www.airalia.com,» [En línea]. Available: <https://www.airalia.es/climatizacion/higrometros/el-mejor-higrometro-guia-de-compra/>.
- [25] Laboratorio de humedad Metas, Sensor de humedad capacitivo, «[metas.com.mx](http://www.metas.com.mx),» Mayo 2008. [En línea]. Available: <http://www.metas.com.mx/guiamet/MetAs-08-05-sensores-de-humedad.pdf>.
- [26] Sparkfun Electronics, Sensor de humedad y temperatura- DHT22, «www.robotshop.com,» [En línea]. Available: <https://www.robotshop.com/es/es/sensor-humedad-y-temperatura-dht22.html>.
- [27] Raffino, María Estela, «www.concepto.de.com,» 30 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/presion-2/>.
- [28] Sensoresdepresion.top, Sensores de presión, «www.sensoresdepresion.top.com,» [En línea]. Available: <https://www.sensoresdepresion.top/2019/07/sensores-de-presion.html>.
- [29] Jose Luis R. , Cómo funciona un vacuómetro, «www.como-funciona.co.com,» [En línea]. Available: <https://como-funciona.co/un-vacuometro/>.
- [30] Armando Morales Sánchez, Instrumentación básica de procesos industriales, «www.academia.edu.com,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.academia.edu/33847834/INSTRUMENTACION%20B%C3%A1sica%20de%20procesos%20industriales>.

- [31] JMI, Tipos de datalogger por interfaz de comunicación, «www.jmi.com.mx,» [En línea]. Available: <https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/38-tipos-de-datalogger-por-interfaz-de-comunicacion.html>.
- [32] Filesthroughtheair, Data Loggers - What Are They and What Do They Do?, «www.filesthrutheair.com,» [En línea]. Available: filesthrutheair.com/article/data-loggers---what-are-they-and-what-do-they-do.
- [33] Eduardo Sturno, «Internet of things e l’impatto sul futuro prossimo,» *InLiberaUscita*, 19 Septiembre 2018.
- [34] «El Internet de las Cosas. En un mundo conectado de objetos inteligentes,» 2016., [En línea].
- [35] Siber Ventilación, Unidades de tratamiento del aire, «www.silverzone.es,» [En línea]. Available: <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/unidades-de-tratamiento-del-aire/>.
- [36] Daikin, Climatización industrial, «www.daikin.es,» [En línea]. Available: https://www.daikin.es/es_es/area-de-profesionales/climatizacion-industrial/unidades-de-tratamiento-del-aire.html.
- [37] Systemair, Vertical units, «shop.systemair.com,» [En línea]. Available: <https://shop.systemair.com/es-MX/vertical--units/c46441>.
- [38] Caleb Aring, Air handling unit control, «www.elevatebcx.com,» Elevte Building Commissioning, 3 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://elevatebcx.com/air-handling-unit-control-night-setback-free-cooling/>.
- [39] Michael Schrader, «www.instalaciones-termicas.blogspot.com,» 21 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>.
- [40] Aermec, fancoils serie FCZ, «www.global.aermec.com,» [En línea]. Available: <http://global.aermec.com/es/residential/products/product-sheet/?Code=FCZ>.
- [41] Isover, Conductos autoportantes CLIMAVÉR Plus R, «www.isover.es,» [En línea]. Available: <https://www.isover.es/productos/climaver-plus-r>.
- [42] Hannna instruments, Checktemp® 1 Termómetro Digital de Bolsillo - HI98509, «www.hannachile.com,» [En línea]. Available: <https://hannachile.com/hi98509-checktemp-1-digital-termometro.html>.
- [43] RS, Anemómetro Testo 405i, medición de Velocidad del aire, Temperatura, «www.rs-online.com,» [En línea]. Available: [https://es.rs-online.com/web/p/anemometros/9132575/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A-_-google-_-PLA_ES_ES_Prueba_y_Medida_Whoop-_\(ES:Whoop!\)+Anem%C3%B3metros+\(2\)-_-9132575&matchtype=&pla-334250026209&gclid=Cj0KCQiA-aGCBhCwARIsAHDl5x_djI9VESEc6EumUJApZE-6iyBqWGBbEw1zpX](https://es.rs-online.com/web/p/anemometros/9132575/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A-_-google-_-PLA_ES_ES_Prueba_y_Medida_Whoop-_(ES:Whoop!)+Anem%C3%B3metros+(2)-_-9132575&matchtype=&pla-334250026209&gclid=Cj0KCQiA-aGCBhCwARIsAHDl5x_djI9VESEc6EumUJApZE-6iyBqWGBbEw1zpX).
- [44] Testo, Anemómetro testo 405i, «www.testo.com,» [En línea]. Available: <https://www.testo.com/es-ES/anemometro-testo-405i/p/0560-1405>.
- [45] «apple.com,» [En línea]. Available: <https://apps.apple.com/us/app/testo-smart-probes/id1026721981?l=es>.

- [46] Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones térmicas en los Edificios, 20 Julio 2007. [En línea].
- [47] Seedstudio, Getting started with BME280 – Humidity, Pressure and Temperature Sensor, «www.seedstudio.com,» [En línea]. Available: <https://www.seedstudio.com/blog/2019/11/01/getting-started-with-bme280-humidity-pressure-and-temperature-sensor/>.
- [48] Maxim Integrated, Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer, «maximintegrated.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
- [49] «sensing.honeywell.com,» [En línea]. Available: <https://sensing.honeywell.com/es-es/sensors/airflow-sensors/HAF-high-accuracy-50SCCM-750SCCM-series>.
- [50] Direct Industry, Sensor de caudal de aire HAF Series, «www.directindustry.com,» [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/honeywell-sensing-and-internet-of-things/product-12365-120196.html>.
- [51] «[ecured](http://ecured.com),» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Sensor_hall.
- [52] Aliexpress, «www.aliexpress.com,» [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/32656153863.html>.
- [53] «PhysicsOpenLab,» Modern DIY Physics Laboratory for Science Enthusiasts, 10 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://physicsopenlab.org/2020/05/10/datalogging-con-modulo-esp32/>.
- [54] Amazon, «www.amazon.com,» [En línea]. Available: https://www.amazon.es/Aukru-Alimentaci%C3%B3n-Dispositivos-electrodom%C3%A9sticos-Enrutadores/dp/B06XQWTLFS/ref=sr_1_14?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=alimentacion+microusb&qid=1607531366&sr=8-14.
- [55] Amazon, NorthPada Kit de Cable Eléctrico, «www.amazon.com,» [En línea]. Available: https://www.amazon.es/NorthPada-Alambres-el%C3%A9ctricos-El%C3%A9ctrico-silicona/dp/B07YBGRTS6/ref=sr_1_11?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=cable+0+35mm2&qid=1625499222&sr=8-11.
- [56] Descubrearduino, MQTT, Qué es, ¿cómo se puede usar? y Cómo funciona, «www.descubriendoarduino.com,» [En línea]. Available: <https://descubrearduino.com/mqtt-que-es-como-se-puede-us>.
- [57] Eclipse Mosquitto, «www.mosquitto.org,» [En línea]. Available: <https://mosquitto.org/>.
- [58] P. Sancho, «Techedgegroup,» 20 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.techedgegroup.com/es/blog/fundamenos-node-red>.
- [59] Fernando Campos, Industrial communications Logitek, «www.comunicacionesindustrialeslogitek.com,» 10 Junio 2020. [En línea]. Available:

<https://www.comunicacionesindustrialeslogitek.com/como-conectar-influxdb-a-los-datos-de-tu-instalacion/>.

- [60] Digital Guide Ionos, «www.ionos.es,» [En línea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/hosting/cuestiones-tecnicas/que-es-influxdb/>.
- [61] Jimmy Olano, «www.pandorafms.com,» 19 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://pandorafms.com/blog/es/que-es-grafana/>.
- [62] «directindustry.es,» [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/honeywell-sensing-and-internet-of-things/product-12365-120196.html>.
- [63] Laurila, Heikki, «www.beamex.com,» 17 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.beamex.com/es/calibradores/modulos-de-presion-externos/>.

ANEXO I: INVENTARIO DEL PROYECTO: PONTEVEDRA/ MARÍN/ ESCUELA NAVAL/ EDIFICIO ADMINISTRATIVO PARA EL CENTRO ADSCRITO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA

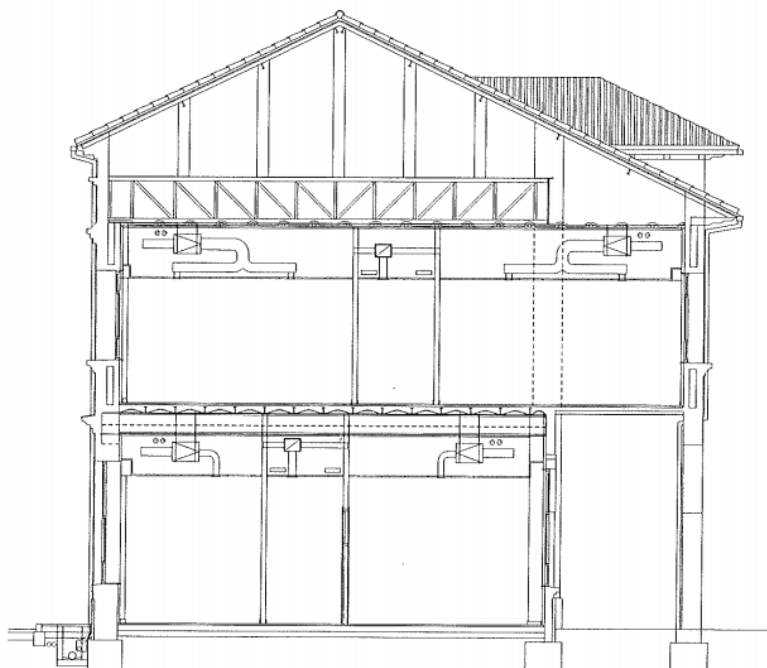
El presente Anexo es el documento donde están explicadas las obras realizadas en el edificio administrativo para el centro adscrito Universitario de la Defensa, en 2010, para remodelarlo con la intención de aportar a la instalación de obtener los espacios necesarios para instalar dependencias administrativas en dicho edificio, compuestas principalmente por despachos para profesores Universitarios adscritos al centro docente, así como espacio suficiente para seminarios y tutorías.

MINISTERIO DE DEFENSA

DIGENIN

**SUBDIRECCION GENERAL DE
TIPIFICACION Y SUPERVISIÓN**

**INVENTARIO DEL PROYECTO:
PONTEVEDRA/ MARIN/ ESCUELA NAVAL/ EDIFICIO
ADMINISTRATIVO PARA EL CENTRO ADSCRITO
UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA**



Redactado por el Tcol. Ingeniero del CIP

D. Félix González de la Campa

Madrid, Abril de 2010

MINISTERIO DE DEFENSA

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA

INVENTARIO DEL PROYECTO: PONTEVEDRA/ MARIN/ ESCUELA NAVAL/ EDIFICIO ADMINISTRATIVO PARA EL CENTRO ADSCRITO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA

1. MEMORIA

1.1 AGENTES ACTUANTES

Las obras realizadas han sido promovidas por la Subdirección de Planificación y Control de la Dirección General de Infraestructura, en desarrollo del ADNE denominado “PONTEVEDRA/ MARÍN /ESCUELA NAVAL MILITAR / CREACIÓN DE UN EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA”, de 2007, que fue aprobado por el Secretario de Estado de Defensa.

El proyecto y dirección de las obras ha corrido a cargo de la Subdirección General de Tipificación y Control de la Dirección General de Infraestructura, siendo el Ingeniero director de Obra, el Teniente Coronel del CIP Félix González de la Campa y el Contratista principal el Servicio Militar de Construcciones.

1.2 OBJETO DE LAS OBRAS

La Escuela Naval Militar dispone de unas magníficas instalaciones, con una capacidad de aulas, laboratorios y servicios generales muy superior al que le correspondería por su número actual de alumnos.

Sin embargo, adolece de una cierta escasez de espacios administrativos, que se concentraban fundamentalmente en el ala Oeste del edificio del patio principal, de forma que los profesores por regla general no disponen de despacho propio, compartiendo el escaso espacio disponible en las oficinas de los departamentos.

Las aulas y laboratorios se ubican principalmente en dos edificios: el ya citado del patio principal, de dos plantas, con aulas de tamaño medio o pequeño, que comparte con la Dirección del Centro, la enfermería, el almacén de vestuarios, imprenta y otras dependencias administrativas, y el edificio denominado “Isaac Peral”, situado a unos 250 metros del primero, frente al muelle de patrulleras, ocupado en sus dos plantas por aulas y laboratorios de tamaño medio y grande.

Se dispone además en otros edificios las residencias de tropa y alumnos, los servicios generales, talleres, almacenes y zonas deportivas, todo ello en buen estado y con capacidad suficiente.

Esta organización estaba bien adaptada al sistema de enseñanza tradicional, pero no al nuevo sistema de centros asociados Universitarios de la Defensa, que requiere un notable aumento de capacidad, principalmente de espacios para el nuevo profesorado universitario.

El objeto de las obras ejecutadas ha sido por tanto la obtención de los espacios necesarios para instalar las dependencias administrativas del nuevo Centro Universitario Asociado, según el ADNE aprobado, compuestas fundamentalmente por despachos para los profesores Universitarios que impartirán sus clases en la Escuela, así como espacio para seminarios y tutorías.

La ampliación de los espacios propiamente docentes no han sido contemplados en este proyecto, ya que la necesidad de nuevas aulas para la Escuela no es tan grande, ya que el alumnado no se ha incrementa tan significativamente respecto al actual como lo hace el profesorado. No obstante, en posteriores proyectos se afrontarán estas necesidades.

1.3 SOLUCION ADOPTADA

Al disponerse de suficiente superficie edificada, buena parte de ella infrutilizada y poca superficie libre exterior que pudiera permitir la ubicación de un nuevo edificio, se optó por realizar una obra de acondicionamiento interior, que pusiera en uso la edificación actual.

Para ello, se analizaron dos posibilidades, siendo la primera la adaptación de la segunda planta del edificio Isaac Peral, que se ocuparía en su totalidad, manteniendo en planta baja las aulas y laboratorios, y la segunda, que finalmente ha sido la adoptada, consistente en la adaptación del ala Norte del edificio del patio de aulas, en el espacio ocupado por aulas teóricas en planta alta y por el aula de artillería y el cuerpo de guardia en planta baja.

Las ventajas de esta solución sobre la primera son principalmente el mejor aprovechamiento del espacio, dado que el edificio es de menor profundidad de crujía que el Isaac Peral, y por tanto de mejor aprovechamiento y más fácil adaptación a una distribución que consiste fundamentalmente en despachos pequeños o medianos, y la mejor zonificación y mayor integración de las áreas de profesores civiles y militares, que se sitúan así contiguas, compartiendo la sala de descanso, cafetería y biblioteca.

El inconveniente (relativo), es el de disponer la mayor parte de las aulas en edificio distinto al de profesores, lo que obliga a una mayor frecuencia de desplazamientos.

La desaparición de las aulas pequeñas y del aula de artillería existentes, se ha compensado ya en parte por la adaptación de los locales de la antigua imprenta y de la rotaprint, situados en el

mismo patio de aulas, que se han transformado en aulas mediante un proyecto, independiente de éste.

1.4 DESCRIPCION DE LAS OBRAS

1.4.1 Descripción del edificio preexistente:

El edificio del lado Norte del patio de aulas es de dos plantas, de 5,45 y 4,52 m de altura libre en planta baja y primera, y de 15,5 por 50 metros en planta.

Fue construido a principios de la década de 1940, aprovechando los muros de carga de un edificio del antiguo polígono de tiro que existía en el lugar, al que se le suplementó una planta y se renovó la estructura horizontal.

En planta baja dispone de un porche hacia el patio de aulas de 3,50 m de ancho, por lo que la anchura en esta planta se reduce a 12 metros. En esta planta se encontraba la denominada “aula de artillería” de unos 28 metros de larga y toda la anchura y un aula teórica anexa a ésta, de unos 12x12 metros. En el aula se exhibían, a modo de museo, diversas piezas antiguas de artillería naval, de poco interés práctico dada su antigüedad. Además existían tres despachos en ambos extremos y unos aseos generales, con acceso directo desde el patio.

La entreplanta, que ocupa únicamente la primera crujía desde el Este aprovechando la gran altura de la planta baja, albergaba tres despachos, que utilizaba la asesoría jurídica.

La planta alta estaba ocupada totalmente por aulas de diversas capacidades, alrededor de un pasillo central. Disponía de un aula grande de unos 100 m² al fondo del pasillo, ocho aulas pequeñas, de unos 40 m², un aula mediana de unos 60 m² y un despacho de 18 m². Al realizarse originalmente el acceso a esta planta sólo desde la escalera del lado Este, los recorridos de evacuación en caso de incendio eran muy superiores a lo admitido por la normativa.

En ambas plantas las ventanas se distribuyen de manera regular, con grandes ventanales uniformemente espaciados cada cuatro metros.

La estructura del edificio es de muro de carga de ladrillo hueco y mampostería en ambas fachadas, y pilastras interiores de ladrillo hueco sobre la que apoya una estructura de vigas transversales cada cuatro metros y viguetas metálicas. Para salvar la gran luz del aula de artillería, el forjado de la planta primera estaba colgado mediante tirantes de acero redondo de unas vigas de celosía colocadas en el desván bajo la cubierta, que apoyan en la fachada Norte y en pilastras alineadas con el muro interior del porche de planta baja.

La cubierta, que es de teja a dos aguas, apoya asimismo sobre dichas vigas de celosía mediante pilares de hormigón que nacen en ellas, y está formada por vigas y viguetas IPN y un doble tablero de rasilla. El cielo raso de planta primera está formado por un tablero de rasilla ligeramente armada colgado de la estructura de cubierta mediante tirantes de acero redondo.

Toda la estructura estaba en muy buen estado de conservación, aunque era en general bastante débil e incapaz de soportar las cargas de la actual normativa debido a la escasez de acero, lo que se apreciaba en las numerosas grietas que por flexión de forjados se producían en las tabiquerías de planta primera.

El edificio que forma el chaflán Noreste del patio de aulas es de construcción posterior, de dos plantas de altura con estructura de muros de carga y forjados de viguetas metálicas, y no se comunicaba con el edificio principal.

Las obras realizadas en este edificio Noreste, afectan únicamente a parte de la planta baja, en la que se situaba el dormitorio de la guardia de prevención. La planta alta, utilizada por los servicios administrativos de la escuela no se modifica, aunque se ha renovado parcialmente su cubierta, que presentaba numerosas goteras, para disponer una terraza de instalaciones para el centro asociado.

1.7.2. Descripción del edificio reformado

Las obras realizadas reorganizan el edificio en sus dos plantas, y adaptan parte de la planta baja del edificio que forma el chaflán Noreste de dicho patio.

La entrada principal al Centro se realizará por el chaflán Noreste, desde el que se accede a la nueva escalera y ascensor que se han construido en el extremo Este del edificio principal, por el que se accede al primer piso, a la entreplanta y a la cubierta de instalaciones.

En ambas plantas principales se organizan los despachos y seminarios a ambos lados de un pasillo central, que comunica la nueva escalera citada con la escalera situada en el ala Oeste, que se mantiene sin modificación. De esta forma se mantiene una doble conexión, exigible además por las condiciones de evacuación de incendios, con el nuevo acceso y con el acceso principal al patio de aulas, junto a la escalera Oeste citada.

En planta primera, y en la zona Oeste, se sitúa la zona de dirección y administración del centro y en el resto de esta planta, y en la planta baja y entreplanta, los despachos de profesores y las bibliotecas o seminarios de los departamentos.

Junto a la escalera Este se han dispuesto en ambas plantas principales aseos masculinos y femeninos, manteniéndose además en planta baja los aseos generales de alumnos existentes, a los que se continúa accediendo desde el soportal del patio.

Las superficies útiles resultantes en cada planta son las siguientes.

- Planta baja

○ Despacho 2:	12,2 m2
○ Vestíbulo:	23,9 m2
○ Aseo masc.	11,2 m2
○ Aseo fem.	8,7 m2
○ Vestíbulo aseo	3,0 m2
○ Aseo adaptado	7,6 m2
○ Escalera	27,9 m2
○ Pasillo	98,6 m2
○ Profesores 3:	17,4 m2
○ Profesores 4:	12,5 m2
○ Biblioteca 5:	39,1 m2
○ Seminario 6:	28,2 m2

○ Biblioteca 7:	39,1 m2	
○ Seminario 8:	28,2 m2	
○ Biblioteca 9:	39,1 m2	
○ Seminario 10:	28,2 m2	
○ Biblioteca 11:	39,1 m2	
○ Seminario 12:	28,2 m2	
○ Profesores 13:	39,1 m2	
•	Total baja:	531,3m2
- Entreplanta:		
○ Escalera:	21,5 m2	
○ Despacho:	44,0 m2	
•	Total entreplanta:	65,5 m2
- Planta primera:		
○ Aseo masc.	11,6 m2	
○ Aseo fem.	8,5 m2	
○ Vestíbulo aseo	3,6 m2	
○ Escalera	26,2 m2	
○ Pasillo Este:	56,4 m2	
○ Profesores 23:	14,5 m2	
○ Profesores 24:	20,5 m2	
○ Profesores 25:	27,0 m2	
○ Profesores 26:	23,6 m2	
○ Profesores 27:	24,7 m2	
○ Profesores 28:	23,6 m2	
○ Profesores 29:	24,7 m2	
○ Profesores 30:	23,6 m2	
○ Profesores 31:	24,7 m2	
○ Profesores 32:	23,6 m2	
○ Profesores 33:	24,7 m2	
○ Profesores 34:	23,6 m2	
○ Sala de juntas 35:	24,7 m2	
○ Pasillo Oeste:	38,7 m2	
○ Admin. 36:	23,6 m2	
○ Admin. 37:	24,7 m2	
○ Sala de juntas 38:	24,7 m2	
○ Admin. 39:	24,7 m2	
○ Director 40:	47,8 m2	
○ Gerencia 41:	24,7 m2	
○ Oficina Dir. 42:	20,8 m2	
○ Secretaría 43:	46,2 m2	
•	Total primera:	685,7 m2
•	Total Útil:	1.279,5 m2

Las superficies construidas son:

- Planta baja:	664,0 m2
- Entreplanta:	84,9 m2
- Planta primera:	769,4 m2
Total construida:	1.518,3 m2

1.5 PRESTACIONES DEL EDIFICIO

Con las obras realizadas se han adaptado las plantas a las exigencias de la normativa actual en cuanto a aislamiento y eficiencia energética, seguridad de incendios y de utilización, según se describe en los apartados específicos del proyecto.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

Como ya se ha citado en la descripción general, el edificio es de muros de carga de mampostería y ladrillo, con vigas y viguetas metálicas, pero con la peculiaridad de que el forjado de la planta primera estaba colgado mediante tirantes de acero redondo de unas vigas de celosía transversales de 11 metros de luz, colocadas cada 4 metros bajo la cubierta, que apoyan en la fachada Norte por un lado y alternativamente en unas pilastras (de ladrillo hueco), de 62x62 cm, situadas cada 8 metros que nacen del muro interior del porche de planta baja y en el centro de la luz de otras vigas longitudinales similares que apoyan en estas mismas pilastras.

Pese a que el estado de conservación de la estructura es muy bueno, de su peritación se dedujo que presentaba puntos débiles, debido principalmente a una cierta escasez de acero, lo que produce deformaciones en general no admisibles, que se traducen en grietas en las tabiquerías de planta primera. También se aprecia debilidad en las pilastras citadas, debido a su mucha carga y altura.

Por ello, se optó por reforzar la estructura del forjado de planta primera, eliminando el tirante y colocando dos vigas transversales IPE-550 por cada uno de ellos, que reciben directamente la carga de las viguetas de forjado. Con ello se disminuye la luz de los forjados de 4 a 2,80 metros, y se reducen sustancialmente las cargas que soportan vigas de celosía y pilastras, que soportarán ahora únicamente la carga de cubierta. Además, al suprimir los tirantes se facilita la distribución de planta primera, que queda libre de elementos verticales. El refuerzo se ha calculado para reducir a valores del orden de 1/500 de la luz las flechas de la estructura en todos los casos.

El apoyo de las nuevas vigas se realiza sobre pilastras de hormigón armado adosadas a las de ladrillo de la fachada Sur, con las que se solidarizan reforzándolas y directamente sobre el muro de carga en la fachada Norte, que por su gran sección admite perfectamente las cargas.

Se ha construido una nueva escalera y ascensor en la primera crujía del lado Este, que al estar totalmente rodeada de muros de carga permite un fácil apoyo de las vigas zancas, que son de acero laminado con forjado colaborante de chapa grecada y capa de compresión de hormigón.

El ascensor, que es del tipo sin cuarto de máquinas, es autoportante, apoyando directamente sobre el foso, mediante pilares de perfil PNL y vigas UPN y HEB.

Las cargas consideradas son las siguientes:

1. FORJADOS DE PLANTA:

Peso propio forjado de viguetas de 20 cm. de canto.....	200 Kg/m ²
Solado de mármol.....	100 Kg/m ²
Sobrecarga de tabiquería.....	100 Kg/m ²
Falso techo acústico e instalaciones colgadas.....	20 Kg/m ²
<u>Sobrecarga de uso de oficina</u>	<u>300 Kg/m²</u>
TOTAL	720 Kg/m ²

2. FORJADOS ESCALERA:

Peso propio forjado colaborante de 10 cm. de canto	200 Kg/m ²
Solado de mármol.....	100 Kg/m ²
Peldañoado	100 Kg/m ²
Falso techo	20 Kg/m ²
<u>Sobrecarga de uso</u>	<u>300 Kg/m²</u>
TOTAL	720 Kg/m ²

2.2 SISTEMA ENVOLVENTE

Las fachadas del edificio son de ladrillo hueco de 40 cm de espesor mínimo en planta primera y de mampostería, de 60 cm de espesor mínimo en planta baja, enfoscadas y pintadas exteriormente y guarnecidas de yeso al interior, con lo que cumplen las condiciones de aislamiento térmico y acústico exigibles, por lo que no se modifican.

La cubierta era de faldón de teja plana a dos aguas, sobre tablero de dos hojas de rasilla, con aleros de unos 60 cm de vuelo, canalones y bajantes de aluminio. Para aumentar su impermeabilidad se ha realizado el levantado, limpieza y recolocación de la cobertura de teja, renovando las rotas o dañadas y la instalación bajo la teja de una cubierta de fibrocemento ondulado en su color tipo Naturvex en toda su extensión.

Se ha reforzado el aislamiento del cielo raso de planta primera, formado por un tablero de rasilla ligeramente armada colgado de la estructura de cubierta mediante tirantes de acero redondo, mediante la colocación de una manta continua de fibra de vidrio de 7 cm de espesor sobre el cielo raso, y con la colocación de una tela metálica y la proyección de un mortero ignífugo de vermiculita bajo el mismo, de forma que se consigue una resistencia al fuego de 60 minutos para la estructura metálica de cubierta.

Se ha realizado asimismo la ignifugación completa de las vigas y forjados de planta primera por el mismo procedimiento, para obtener una resistencia al fuego de la estructura de 60 minutos.

La carpintería exterior, que es de aluminio lacado en color verde y estaba en buen estado se ha mantenido pero instalando un nuevo acristalamiento igual que el de las nuevas carpinterías que se sustituyen, con vidrio doble aislante de 4-6-4 mm.

Se ha incluido la instalación en todas las ventanas de persianas interiores de lamas de tipo gradulux.

Se ha realizado asimismo el levantado de la cubierta plana del cuerpo del chaflán Noreste, que presentaba graves problemas de goteras, construyendo una nueva impermeabilización transitable de lámina asfáltica autoprotegida y losas aislantes de poliestireno extruido y mortero

de cemento tipo filtrón, que se emplea como terraza de instalaciones, así como una bancada para la enfriadora.

En las cubiertas inclinadas de este cuerpo se emplea la misma solución del edificio principal, manteniendo la cubierta de teja sobre faldón de fibrocemento.

2.3 SISTEMA DE COMPARTIMENTACION

La compartimentación realizada es en general de yeso cartón con estructura de acero galvanizado y relleno interior de fibra mineral, con dos hojas de panel de yeso cartón de 15 mm por cada cara, y un espesor total de 13 cm. En aseos se ha utilizado el mismo tipo, pero con paneles resistentes al agua. Todos los tabiques, salvo los de separación interior de aseos nacen sobre el solado continuo y llegan al forjado superior o al cielo raso de rasilla en planta primera, para evitar la transmisión de ruidos por el falso techo.

2.4 SISTEMA DE ACABADOS

Los revestimientos de paramentos de todos los despachos son de pintura plástica lisa sobre el panel de yeso cartón. En los pasillos, escalera y distribuidores se ha utilizado pintura plástica de alta resistencia sobre tela de fibra de vidrio texturada de tipo texturglas.

En los locales húmedos se han revestido los paramentos con alicatado cerámico esmaltado tomado con mortero cola.

Los pavimentos de ambas plantas son de mármol rojo Alicante pulido y abrillantado, sobre capa de mortero de regularización, previa demolición del terrazo existente.

En locales húmedos se ha colocado un pavimento de baldosas de gres antideslizante sobre una capa de mortero de regularización, previa demolición del terrazo existente.

El falso techo es de bandejas metálicas de aluminio perforado en blanco con fieltro acústico de 60x60 cm, con perfilera vista de aluminio y moldura perimetral de pladur lisa en todos los locales habitables de planta baja y primera, con la distribución que se indica en los planos de instalación eléctrica.

En aseos, entreplanta y escaleras el techo es continuo de placas de yeso cartón sobre perfilera galvanizada oculta.

2.5 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES

2.5.1 Climatización:

Se ha resuelto la climatización integral del edificio, en invierno y verano, mediante un sistema de aire acondicionado con una nueva instalación formada por una bomba de calor aire-agua, una red de tuberías de agua enfriada o calentada a dos tubos y un sistema de fancoils de zona, instalados en el falso techo de los locales a acondicionar.

La bomba de calor, que proporciona calor en invierno y frío en verano, aprovechando el clima marítimo templado de la localidad, es del tipo aire-agua, compacta de intemperie, y se ha instalado en la terraza situada sobre el edificio del chaflán, a la que se ha dotado de un nuevo acceso desde la nueva escalera. Dispone de grupo hidrónico con bombas y sistemas de seguridad para la impulsión del agua tratada.

Para la climatización de los locales se han instalado fancoils coincidiendo con cada uno de los ventanales del edificio, de forma que no se condicionen los posibles cambios de distribución de las tabiquerías, que se han dimensionado modularmente para acondicionar su área anexa, con impulsión mediante difusores circulares y retorno por plenum en el falso techo.

La regulación es independiente para cada uno de los fancoils mediante termostato de ambiente con conmutador invierno-verano.

El aire exterior de renovación se acondiciona mediante un climatizador específico para cada planta que aporta un volumen de aproximadamente 1,5 renovaciones por hora para el conjunto de los locales, distribuyéndose el aire mediante conductos aislados de fibra de vidrio con acabado de aluminio a dos caras, que discurren sobre el falso techo de los pasillos, impulsando el aire sobre el falso techo de los locales, actuando este espacio como plenum de retorno de los fancoils. La tasa de renovación del aire puede regularse mediante un variador continuo de velocidad del motor del climatizador.

La distribución de agua enfriada o calentada se realiza mediante dos montantes junto a la escalera principal, a la que se conectan los anillos de cada planta, diseñados con el sistema de retorno invertido para equilibrado de las pérdidas de carga, y que discurren por el falso techo de cada planta. La recogida de condensados se canaliza mediante tuberías de PVC provistas de sifón común, a las bajantes del edificio. Se han dispuesto de válvulas de equilibrado de los circuitos de cada planta.

2.6.2. Fontanería y saneamiento:

La distribución de agua a los locales húmedos se realiza mediante tuberías de cobre aisladas con coquilla elastomérica instaladas en el falso techo o empotrada en los tabiques. Se disponen tuberías para agua fría y caliente, resolviendo la producción de agua caliente, que sólo surte a los lavabos, mediante dos termos eléctricos de 80 litros situados en el falso techo de los aseos.

El saneamiento se ha resuelto mediante botes sifónicos con sumidero en cada local húmedo y bajantes de PVC, que se conectan al saneamiento existente o a las arquetas y colectores que se han ejecutado.

2.6.3. Instalación eléctrica

Se ha instalado un nuevo cuadro general para el edificio, situado junto a la nueva escalera, que se alimenta desde el cuadro de distribución situado en el local del centro de transformación del edificio del patio principal.

Se dispone para ello un nuevo módulo en el cuadro general de baja del centro de transformación, conteniendo un interruptor general magnetotérmico de 4x320 A, del que parte una línea trifásica enterrada bajo tubo de 3,5x120 mm² Cu hasta el nuevo cuadro general del

edificio.

Desde este cuadro se alimentan, mediante interruptores automáticos, a los cuadros de planta, al de maquinaria de aire acondicionado, al de fancoils y al de ascensores, mediante líneas trifásicas, y desde éstos, mediante líneas monofásicas, a los circuitos de alumbrado, tomas de corriente e informática, protegiendo cada línea con sus respectivos interruptores magnetotérmicos y diferenciales.

La distribución general de las líneas se hace mediante canaletas de rejilla instaladas en el falso techo, sobre el pasillo central. Las bajadas a mecanismos y tomas de corriente se han realizado mediante tubos empotrados en los muros exteriores o tabiquerías.

El alumbrado se ha resuelto fundamentalmente mediante luminarias fluorescentes de 3x36 o 3x18 W empotradas en el falso techo de placas desmontables, y con luminarias compactas fluorescentes en zonas comunes. En aseos se ha optado por focos halógenos empotrados en el falso techo. Se ha instalado además un sistema de luminarias autónomas de emergencia y señalización, con baterías recargables, que se encienden en caso de corte del suministro eléctrico.

2.6.4 Instalación contra incendios:

Se ha dispuesto un sistema de detectores de incendio en techo, del tipo analógico, uno por cada habitación o local y en zonas comunes y un conjunto de pulsadores de emergencia, conectándose ambos a una nueva centralita, que se ha conectado a la central de alarmas de la Escuela.

Además se disponen los extintores manuales necesarios para que toda la superficie quede cubierta por esta instalación.

2.6.5 Instalación de cableado informático y de telefonía:

Se ha instalado un sistema de cableado para informática y comunicaciones con 130 puntos de conexión, dotados cada uno de dos tomas RJ-45, con cableado de clase 6 que discurre por tubos empotrados en la tabiquería y por bandejas horizontales de rejilla a lo largo de los pasillos y verticales por la nueva escalera hasta el rack de comunicaciones que se ha colocado en el despacho situado en el junto a la nueva escalera en planta primera.

2.7 EQUIPAMIENTO

En las obras realizadas solamente se ha incluido el equipamiento de los locales húmedos, (espejos y accesorios de baño) pero no el del mobiliario.

Se incluyen asimismo los equipos de seguridad contra incendios y de instalaciones exigidos por la normativa.

3. RELACION DE PLANOS

- 1.- Plano de situación y emplazamiento.
- 2.- Estado actual: Planta baja.
- 3.- Estado actual: Planta primera.
- 4.- Zona este, estado actual: Planta baja, entreplanta y cubiertas.
- 5.- Estado actual: Alzados.
- 6.- Estado actual: Secciones.
- 7.- Estado reformado: Planta baja – Arquitectura, cotas y carpintería.
- 8.- Estado reformado: Planta primera – Arquitectura, cotas y carpintería.
- 9.- Estado reformado: Zona este, planta baja, entreplanta y cubiertas –
Arquitectura, cotas y carpintería.
- 10.- Estado reformado: Planta de cubiertas.
- 11.- Estado reformado: Secciones.
- 12.- Estado reformado: Alzados.
- 13.- Estado reformado: Estructura planta baja.
- 14.- Estado reformado: Estructura zona este.- Escalera y cubierta.
15. Estructura escalera y apeo de viga roblonada
- 16.- Estado reformado: Instalación de fontanería.
- 17.- Estado reformado: Planta baja: Instalación de saneamiento.
- 18.- Estado reformado: Zona este: Instalación de saneamiento.
- 19.- Estado reformado: Planta baja: Instalación eléctrica y contraincendios.
- 20.- Estado reformado: Planta primera: Instalación eléctrica y contraincendios.
- 21.- Estado reformado: Zona este: Planta baja, entreplanta y cubiertas:
Instalación eléctrica y contraincendios.
- 22.- Estado reformado: Nuevos cuadros eléctricos.
- 23.- Estado reformado: Planta baja: Instalación de climatización.
- 24.- Estado reformado: Planta primera: Instalación de climatización.
- 25.- Estado reformado: Zona este: Planta baja, entreplanta y cubiertas,
Instalación de climatización.

Madrid, Abril de 2.010

EL TCOL DEL CIP



Fdº: Félix González de la Campa

ANEXO II: DATOS TÉCNICOS DE LAS HERRAMIENTAS USADAS PARA LAS MEDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

Se presentarán a continuación los datos técnicos de las herramientas que fueron usadas para las mediciones de las instalaciones de ventilación y climatización. Todos los siguientes datos han sido obtenidos de la página web oficial de cada instrumento.

6.1 Datos técnicos del anemómetro Testo 405i

Requisitos del sistema	Requiere iOS 11.0 o superior; requiere Android 6.0 o superior; Requiere dispositivo portátil con Bluetooth 4.0
Tipo de batería	3 pilas AAA
Autonomía	15 horas
Temperatura de funcionamiento	-20 hasta +50 °C
Temperatura de almacenamiento	-20 hasta +60 °C
Rango del termómetro	-20 hasta +60 °C
Exactitud del termómetro	±0,5 °C
Resolución del termómetro	0,1 °C
Rango del hilo caliente	0 hasta 30 m/s
Exactitud del hilo caliente	±(0,1 m/s + 5 % del v.m.) (0 hasta 2 m/s) ±(0,3 m/s + 5 % del v.m.) (2 hasta 15 m/s)
Resolución del hilo caliente	0,01 m/s
Longitud del tubo de sonda	400 mm

Tabla 22 Datos técnicos del anemómetro Testo 405i [14].

6.2 Datos técnicos del termómetro de contacto Checktemp 1 HANNA.

Rango de Temperatura	-50.0 a 150.0 °C / -58.0 a 302 °F
Resolución de Temperatura	0.1°C(-50.0 a 150.0 °C) 0.1 °F (-58.0 a 199.9 °F) / 1 °F (por encima de 200 °F)
Precisión de Temperatura	±0.2 °C (-30.0 a 120.0 °C) ±0.3 °C (exterior: -50.0 a -30.0 °C y 120.0 a 150.0 °C) ±0.5 °F (-22.0 a 199.9 °F) ±1 °F (exterior: -58.0 a -22.0 °F y 200 a 302 °F)
Sonda Temperatura	acero inoxidable, cable de 1 m (3,3')
Tipo de Batería/Duración	3 pilas alcalinas AAA de 1.5 V; aprox. 2 años
Ambiente	-30 a 50 °C (-22 a 122 °F)

Tabla 23 Datos técnicos del termómetro de contacto Checktemp 1 HANNA [42]

6.3 Datos técnicos de la cámara termográfica Flir i5

Adquisición de medición de termómetro IR	Exploración continua
Precisión	$\pm 1,5$ °C (2,7 °F) para temperaturas de 50 a 100 °C (de 122 a 212 °F); hasta ± 3 °C ($\pm 5,4$ °F) de -25 a 50 °C (de -13 a 122 °F) y de 100 a 380 °C (de 212 a 716 °F)
Rango de temperatura del objeto	De -25 a 380 °C (de -13 a 716 °F)
Resolución de temperatura de IR	0,1 °C (0,2 °F)
Rango de temperatura de almacenamiento	De -30 a 55 °C (de -22 a 131 °F)
Rango de temperatura operativa	De -10 a 45 °C (de 14 a 113 °F)
Capacidad de almacenamiento de imágenes	4 GB para almacenar hasta 50 000 imágenes
Formato de imagen guardada	JPEG
Tipo de memoria	Interna
Distancia de medición mínima	0,26 m (0,85 pies)
Distancia focal mínima	0,3 m (0,98 pies)
Frecuencia de la imagen	8,7 Hz
Paso del detector	12 μm
Rango espectral	7,5 - 14 μm
Resolución/campo de visión de cámara digital	2 MP (1600 $\times$ 1200, píxeles), FOV 71° $\times$ 56°
Sensibilidad térmica/NETD	<70 mK

Tabla 24 Datos técnicos de la cámara termográfica Flir i5

