



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Industrial

## Proyecto de un sistema de ventilación mecánica para una nave de inspección técnica de vehículos.

**TRABAJO FIN DE GRADO**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**Autor:** Juan Gabriel Cava López  
**Director:** José Pérez García

Cartagena, 09 de Julio de 2019



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

## ÍNDICE

Nomenclatura.....	3
Lista de figuras .....	5
1.1 Antecedentes .....	6
1.2 Objetivos .....	6
1.3 Desglose del objetivo principal .....	7
1.3.1 Definición del espacio a ventilar .....	7
1.3.2 Prediseño del sistema de ventilación.....	7
1.3.3 Diseño y dimensionado completo del sistema de ventilación.....	7
1.4 Fases del TFG.....	8
1.4.1 Visita a las instalaciones.....	8
1.4.2 Prediseño de los sistemas de ventilación.....	8
1.4.3 Sistema de ventilación por extracción localizada .....	8
1.4.4 Sistemas de ventilación en fosos.....	8
1.4.5 Diseño y dimensionado de la instalación .....	9
2.1 Descripción general de la nave de referencia.....	9
2.1.1 Dimensiones generales de la nave.....	9
2.1.2 Descripción de los elementos constructivos de la nave .....	10
2.1.3 Descripción de los elementos que generan ventilación natural.....	10
2.1.4 Dimensiones de los fosos .....	11
2.1.5 Descripción de las líneas de inspección .....	12
3.1 Descripción de las operaciones llevadas a cabo en una inspección técnica de vehículos....	13
3.2 Proceso de inspección en ITV Cartagena .....	14
4.1 Funcionamiento del software dmELECT instalaciones.....	18
5. Sistemas de ventilación forzada.....	26
5.1 Sistema de ventilación en fosos de inspección .....	26
5.1.1 Sistema de impulsión .....	26
5.1.1.1 Sistemas propuestos .....	26
5.1.1.2 Cálculos y datos de partida para prediseño .....	28
5.1.1.3 Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño .....	30
5.1.1.4 Ajustes para diseño definitivo .....	31
5.1.1.5 Resultado presiones .....	31
5.1.1.6 Resultado conductos .....	32
5.1.1.7 Resultado unidades terminales.....	33
5.1.1.8 Resultado y selección del ventilador.....	34
5.1.2 Sistema de extracción .....	35

5.1.2.1	Sistemas propuestos .....	35
5.1.2.2	Cálculos y datos de partida para prediseño .....	36
5.1.2.3	Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño .....	39
5.1.2.4	Ajustes para diseño definitivo .....	40
5.1.2.5	Resultado presiones .....	40
5.1.2.6	Resultado conductos .....	42
5.1.2.7	Resultado unidades terminales .....	43
5.1.2.8	Resultado y selección del ventilador .....	43
5.2	Sistema de ventilación push-pull .....	44
5.2.1	Sistema de impulsión .....	46
5.2.1.1	Sistema propuesto .....	46
5.2.1.2	Cálculos y datos de partida para prediseño .....	47
5.2.1.3	Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño .....	48
5.2.1.4	Ajustes para diseño definitivo .....	50
5.2.1.5	Resultado presiones .....	50
5.2.1.6	Resultado conductos .....	50
5.2.1.8	Resultado y selección del ventilador .....	53
5.2.2	Sistema de extracción .....	54
5.2.2.1	Sistemas propuestos .....	54
5.2.2.2	Cálculos y datos de partida para prediseño .....	56
5.2.2.3	Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño .....	58
5.2.2.4	Ajustes para diseño definitivo .....	58
5.2.2.5	Resultado presiones .....	59
5.2.2.6	Resultado conductos .....	59
5.2.2.7	Resultado unidades terminales .....	60
5.2.2.8	Resultado y selección del ventilador .....	60
5.3	Sistema de ventilación para vehículos pesados .....	61
5.3.1	Sistema de extracción .....	61
5.3.1.2	Cálculos y datos de partida .....	62
5.3.1.3	Resultado presiones .....	63
5.3.1.4	Resultado conductos .....	63
5.3.1.5	Resultado unidades terminales .....	64
5.3.1.6	Resultado y selección del ventilador .....	64
6.	Mediciones y presupuesto .....	65
6.1.	Instalación de impulsión en fosos .....	65
6.2.	Instalación de extracción en fosos .....	66

6.3. Instalación de impulsión push-pull “línea 1” .....	67
6.4. Instalación de impulsión push-pull “línea 2” .....	67
6.5. Instalaciones de extracción push-pull .....	68
6.6. Instalaciones de extracción para vehículos pesados.....	69
6.7. Coste total .....	69
7. Resumen y conclusiones .....	70
Normativa y Bibliografía.....	74
Normativa.....	74
Libros y artículos técnicos .....	75
Catálogos comerciales y manuales de programas de cálculo .....	75
ANEXO 1 .....	77
ANEXO 2 .....	80

## Nomenclatura

A	Área de paso del fluido	m <sup>2</sup>
A <sub>k</sub>	Sección de salida del chorro	m <sup>2</sup>
A <sub>0</sub>	Área de los orificios del sistema push-pull	ft <sup>2</sup>
C <sub>ij</sub>	Coefficiente de pérdidas en el componente (relación entre la presión total y la presión dinámica)	Adimensional
De	Diámetro equivalente	mm
D <sub>m</sub>	Diámetro del colector en la impulsión del sistema push-pull	“
D <sub>0</sub>	Diámetro de los orificios en la impulsión del sistema push-pull	“
f	Factor de fricción en conductos	Adimensional
h	Altura	m
KM <sub>0</sub>	Cantidad de movimiento	
k <sub>1</sub>	Constante dependiente de la forma de la boca de impulsión	
l	Longitud	m
L	Longitud de cálculo	m
n	Número de rejillas	
n <sub>0</sub>	número de orificios en la impulsión del sistema push-pull	
NRH	Número de renovaciones por hora	
Pd	Presión dinámica	Pa
Ps	Presión estática	Pa
Pt	Presión total	Pa
Q	Caudal	m <sup>3</sup> /h
Q <sub>t</sub>	Caudal unitario en cada boquilla de impulsión del sistema push-pull	cfm
Q <sub>x</sub>	Caudal a una distancia “x” del orificio de impulsión	m <sup>3</sup> /h
Q <sub>0</sub>	Caudal de impulsión total	cfm

Re	Número de Reynolds	Adimensional
V	Velocidad del fluido	m/s
V <sub>I</sub>	Volumen	m <sup>3</sup>
V <sub>x</sub>	Velocidad del flujo a una distancia "x" del orificio de impulsión	m/s
V <sub>0</sub>	Velocidad de salida del fluido en la impulsión	fpm
w	Ancho	m
W	Potencia	W
x	Ancho del sistema push-pull	m ó ft
ΔPt	Pérdida de presión total	Pa
ρ	Densidad del fluido	Kg/m <sup>3</sup>
ε	Rugosidad absoluta del conducto	mm
μ	Viscosidad absoluta fluido	kg/ms
η	Rendimiento del ventilador	
∂	Altura del chorro a una distancia "x" del orificio de impulsión	m

## Lista de figuras

- Figura 1.1. Vista aérea de la nave donde se llevan a cabo las operaciones de ITV.
- Figura 1.2. Planta de la nave con zonas delimitadas donde se lleva a cabo cada operación.
- Figura 1.3. Entrada de vehículos (zona 1) donde se llevan a cabo operaciones de medida de gases.
- Figura 1.4. Operario durante su proceso de inspección en la zona 2.
- Figura 1.5. Foso desde donde se realiza la inspección de la parte inferior del vehículo.
- Figura 4.1. Ventana características generales conductos dmelect.
- Figura 4.2. Menú para introducir imagen de fondo.
- Figura 4.3. Entorno de trabajo, una vez introducido el archivo de fondo.
- Figura 4.4. Barra de accesorios, para describir la red de ventilación.
- Figura 4.5. Esquema de la instalación previo a resolución.
- Figura 4.6. Instalación una vez ha sido calculada.
- Figura 5.1. Vista en planta de instalación de impulsión en forma de anillo en fosos.
- Figura 5.2. Sistema de impulsión en fosos.
- Figura 5.3. Sistema de extracción en fosos.
- Figura 5.4. Esquema de un sistema push-pull.
- Figura 5.5. Sistema de impulsión "línea 1".
- Figura 5.6. Sistema de impulsión "línea 2".
- Figura 5.7. Esquema con cotas de la tobera esférica.
- Figura 5.8. Dimensiones de la tobera.
- Figura 5.9. Instalaciones de extracción para "líneas 1 y 2".
- Figura 5.10. Perfil de velocidades sin pestañas.
- Figura 5.11. Perfil de velocidades con las pestañas o deflectores montados.
- Figura 5.12. Relación entre rpm del motor y caudal de escape.
- Figura 5.13. Sistemas de extracción para vehículos pesados.
- Figura 5.14. Sistema real.
- Figura 5.15. Longitudes equivalentes.

## 1.1 Antecedentes

El presente proyecto ha sido realizado por Juan Gabriel Cava López, con DNI: 15484029-S y dirección en calle Manuel Machado, número 21, C.P.: 30870, Mazarrón, alumno de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Cartagena, con el objetivo de realizar el trabajo de fin de grado en especialidad mecánica. El siguiente trabajo está realizado bajo la supervisión del profesor José Pérez García del Departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos.

Como referencia para el proyecto se va a utilizar la nave industrial situada en el término municipal de Cartagena, situada en Carretera de la Asomada, s/n, C.P.: 30353, con coordenadas geográficas  $37^{\circ} 37'42''$  N y  $0^{\circ} 57' 58''$  W, propiedad de la compañía TÜV RHEINLAND.

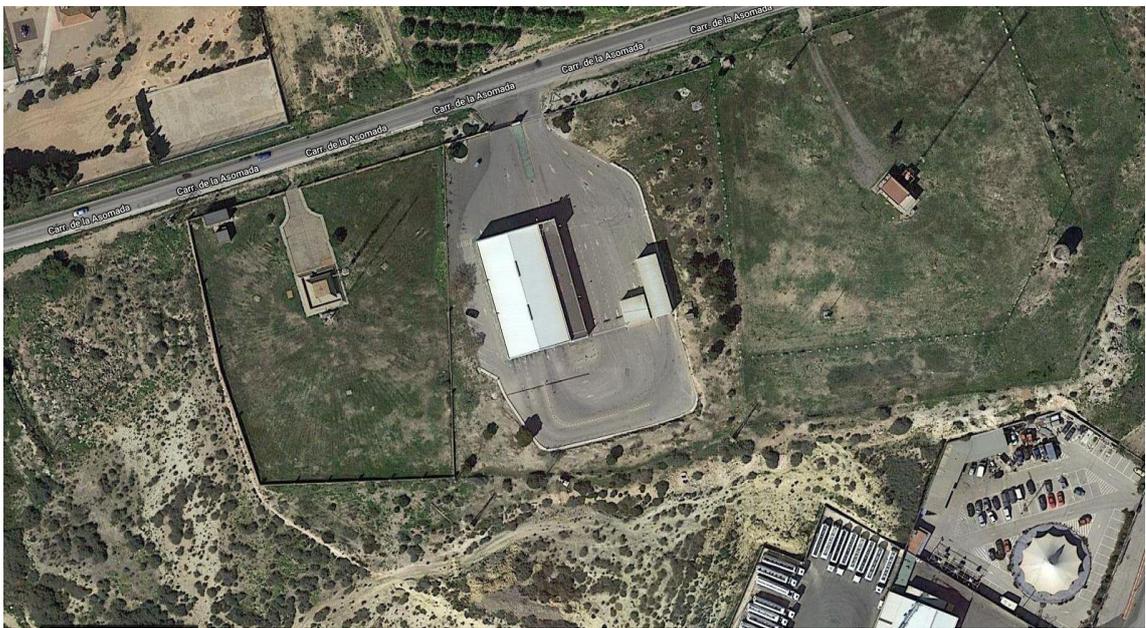


Figura 1.1. Vista aérea de la nave donde se llevan a cabo las operaciones de ITV.

El fin del uso de esta referencia es obtener una serie de medidas para el dimensionado y diseño de un sistema de ventilación forzada para favorecer la renovación del aire en el interior de la estancia, cumpliendo así con la normativa vigente en materia de seguridad y salud de los trabajadores. En segundo lugar, esta referencia también se usará para conocer los procesos que se llevan a cabo en el interior de la nave durante el procedimiento rutinario de inspección técnica de un vehículo, permitiendo así evaluar los contaminantes y agentes nocivos emitidos por los vehículos en el interior de la nave.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es el diseño y dimensionado de un sistema de ventilación mecánica para una nave de inspección técnica de vehículos. Se tomará como referencia y para la toma de datos reales la nave de la empresa TÜV Rheinland Group en Cartagena (España).

Las naves en las que se realizan las inspecciones de vehículos disponen generalmente de aberturas que permiten la ventilación general del espacio en condiciones adecuadas cuando las condiciones ambientales exteriores son idóneas.

Sin embargo, cuando las condiciones atmosféricas en el exterior no son las indicadas, se producen en el espacio de trabajo zonas en las que la acumulación de contaminantes puede representar un riesgo cierto para la salud de los trabajadores. Este hecho aconseja disponer de un sistema de ventilación mecánica que garantice las condiciones de seguridad y salud para los trabajadores, y que reduzca a límites aceptables la exposición a concentraciones de gases y partículas contaminantes de los trabajadores en estas condiciones atmosféricas adversas, según la normativa de aplicación.

## 1.3 Desglose del objetivo principal

### 1.3.1 Definición del espacio a ventilar

Previamente al diseño de la instalación es necesario un reconocimiento in situ de una nave tipo donde se llevan a cabo las tareas de inspección de vehículos, para poder recopilar información sobre las dimensiones y otro tipo de información como el tipo de cerramientos utilizados en la construcción de la nave o los procesos que se llevan a cabo en su interior.

### 1.3.2 Prediseño del sistema de ventilación.

Consiste en definir la configuración, dimensiones y equipos principales del sistema de ventilación mecánica para captación localizada de los gases contaminantes procedentes de la combustión en MCIA (Motores de combustión interna alternativa). El sistema que se propone es un diseño mixto de ventilación por extracción localizada utilizando una configuración push-pull y de captación en altura para las líneas de vehículos ligeros y pesados, y un sistema doble de extracción e impulsión en diferentes cotas para la ventilación de los fosos.

### 1.3.3 Diseño y dimensionado completo del sistema de ventilación.

- a) **Sistema de ventilación para captación de gases contaminantes y partículas en las líneas de vehículos ligeros y pesados.** Este sistema deberá adaptarse a los condicionantes del espacio físico disponible y diseñarse de manera que no afecte a las condiciones de seguridad y salud laboral de los trabajadores. El diseño se realizará minimizando los costes de obra civil, montaje de conductos y equipos necesarios para garantizar la eficiencia en la captación de contaminantes. Debido a la variabilidad del tamaño de los vehículos a inspeccionar y a las distintas posiciones en las que puede estar colocado el conducto de escape de los vehículos se optará por una configuración mixta compuesta por sistemas impulsión-extracción (push-pull) para los puntos de emisión a menor cota (principalmente en la zona de verificación de emisiones de escape en las líneas de inspección de vehículos ligeros), y un sistema de extracción en altura, para los puntos de emisión de contaminantes a cota superior a 2 metros tal y como puede producirse en la línea de inspección de vehículos pesados dotados de conductos de escape verticales.
- b) **Sistema de ventilación de los fosos.** Este sistema constará de dos redes de ventilación, una primera red para presurizar el foso (con una ligera sobrepresión) en su parte superior evitando así la acumulación de gases en esta zona y la exposición de los trabajadores a los contaminantes, y de una segunda red de ventilación con el objetivo de extraer los gases ricos en hidrocarburos que se acumulen en la zona inferior de los fosos, utilizando para ello un extractor preparado para su correcto funcionamiento en atmósfera ATEX.

## 1.4 Fases del TFG

### 1.4.1 Visita a las instalaciones

La tarea consiste en desplazarse hasta las instalaciones situadas en Carretera La Asomada (Cartagena) para definir los siguientes elementos del espacio a ventilar:

- Dimensiones generales de la nave y ubicación de la misma.
- Características de los elementos constructivos utilizados en la nave (tipos de cerramientos, cubierta...) y dimensionamiento y ubicación de las aberturas a través de las cuales se realiza un proceso de ventilación natural por convección (puertas, ventanas...).
- Dimensiones de las zonas de circulación de vehículos, líneas de inspección, pasos de personal, etc.
- Ubicación de los equipos de inspección y medida fijos ubicados en el interior de la nave, sistemas hidráulicos de accionamiento, etc.
- Localización de los puntos en los que se produce una mayor emisión de contaminantes y partículas, y delimitación de las zonas críticas dependiendo del tamaño de los vehículos que se inspeccionan en cada línea.
- Dimensiones y ubicación de los fosos.

### 1.4.2 Prediseño de los sistemas de ventilación

El primer paso consiste en realizar un estudio de la bibliografía y normativa aplicable a este caso para definir una serie de parámetros necesarios, como por ejemplo: las velocidades de las corrientes de aire a las que pueden estar sometidos los trabajadores, las dimensiones máximas de los vehículos en España, los rangos de aplicación de un sistema push-pull, etc.

### 1.4.3 Sistema de ventilación por extracción localizada

Una vez estén claros estos parámetros, se efectuará un prediseño de las diferentes redes del sistema de ventilación, que deberán adaptarse al espacio físico disponible, minimizando los costes de la obra civil. Para garantizar la eficiencia en la captación de contaminantes, y debido a la variabilidad del tamaño de los vehículos a inspeccionar y a las distintas posiciones en las que puede estar colocado el conducto de escape de los vehículos, se optará por una configuración mixta compuesta por sistemas de impulsión-extracción (push-pull) para los puntos de emisión a menor cota (principalmente en la zona de verificación de emisiones de escape en las líneas de inspección de vehículos ligeros), y un sistema de extracción localizada en altura, para los puntos de emisión de contaminantes a cota superior a 2 metros tal y como puede producirse en la línea de inspección de vehículos pesados dotados de conductos de escape verticales.

### 1.4.4 Sistemas de ventilación en fosos

- **Sistema de extracción ATEX.** Si bien es cierto que los fosos en instalaciones de inspección técnica de vehículos están exentos del RD 681/2003, por lo tanto no se consideran atmósfera ATEX, no es menos cierto que los trabajadores están sometidos,

aunque por cortos periodos de tiempo, a un riesgo que debe ser tenido en cuenta. Por lo que se llevará a cabo el diseño de una red de ventilación para evitar la acumulación de gases ricos en hidrocarburos con riesgo de explosión y nocivos para la salud. Este sistema constará de una red de equipos de captación situados en la zona inferior de los fosos, capaces de evacuar estos gases hasta la zona exterior de la nave una vez estos sean tratados de forma adecuada y de acuerdo con la normativa aplicable.

- **Sistema de presurización de los fosos.** Para el diseño de esta red de ventilación se podrán conservar las partes que se consideren oportunas de la instalación que existe actualmente, con el objetivo de minimizar la obra civil necesaria para llevar a cabo el proyecto y disminuir al máximo los costes del nuevo proyecto. Esta red de presurización tendrá forma ramificada y estará situada en la parte superior de los fosos con unas bocas de impulsión (entre 4 y 6 dependiendo de las dimensiones de los fosos) que generarán una sobrepresión entre la superficie libre del foso y la zona inferior de los vehículos evitando que se produzcan zonas de acumulación de gases a dicha altura, asegurando así las condiciones de seguridad y salud necesarias para el trabajo realizado por los operarios.

#### 1.4.5 Diseño y dimensionado de la instalación

Una vez concluida la fase de prediseño de los diferentes sistemas de ventilación, se procederá a su diseño definitivo y dimensionado en función de las velocidades y caudales de extracción o impulsión que correspondan en función de las características de los gases contaminantes a transportar, del tamaño de las rejillas o campanas de impulsión o extracción, de los niveles de ruido en conductos admitido, etc.

Una vez dimensionadas las redes de conductos se procederá mediante el uso de programas de cálculo comerciales de solvencia y fiabilidad contrastada, al cálculo de los ventiladores/extractores necesarios en cada sistema.

Redacción de la memoria del TFG en la que se incluirá: la descripción completa del sistema de ventilación diseñado, el dimensionado de los diferentes componentes y los cálculos básicos, las mediciones y un presupuesto aproximado, según catálogo, de los equipos de ventilación mecánica seleccionados, así como un Pliego de Prescripciones Técnicas.

## 2.1 Descripción general de la nave de referencia.

La nave industrial está situada en el término municipal de Cartagena, situada en Carretera de La Asomada, s/n, C.P.: 30353, con coordenadas geográficas 37° 37'42" N y 0° 57' 58" W, una altura sobre el nivel del mar de 61 metros, y propiedad de la compañía TÜV RHEINLAND.

### 2.1.1 Dimensiones generales de la nave.

La construcción destinada a la inspección técnica de vehículos tiene unas dimensiones en planta de forma rectangular de 40 metros de longitud y 21 metros de ancho, sin tener en cuenta las zonas de oficinas, donde se llevan a cabo otras tareas administrativas que no afectan a nuestro presente proyecto. La nave es de tipo dos aguas con una altura total de 4,41 metros en la zona lateral y una altura máxima de 7,21 metros en la zona central de la nave. La edificación cuenta con 4 puertas de salida para los vehículos en la fachada norte y otras 4 puertas de entrada de vehículos en la fachada sur, en el lateral oeste se encuentra adosada la construcción destinada al uso de oficinas y servicios dejando una altura libre donde se sitúa

una hilera de ventanas para favorecer la ventilación natural en la estancia, el lateral oeste queda totalmente libre, siendo este anexo a un carril para poder transcurrir sobre la parcela de la instalación, este lateral también cuenta con una hilera de ventanas con el mismo fin que las situadas en el lateral opuesto. Las dimensiones de las puertas y ventanas está descrita en el apartado 2.1.3 donde se describe la ventilación natural de la nave.

### 2.1.2 Descripción de los elementos constructivos de la nave

La construcción es una nave de dos aguas que se ha realizado a través de la unión de nueve pórticos separados entre sí por una distancia de 5 metros. Estos pórticos están constituidos por un pilar metálico de sección rectangular, sobre estos pilares se anclan unas cerchas construidas en perfil metálico con sección "H", las cerchas cuentan con un refuerzo metálico en la cumbrera y en los anclajes a los pilares. Sobre estos pórticos, se sitúa una viga de cumbrera, dispuesta de tal forma que une todos los pórticos, también metálica y con sección en "H", en cada cara del techo de la nave se disponen ocho correas de sección cuadrada metálica sobre las cuales se dispone una cubierta de chapa simple con recubrimiento plástico para evitar la corrosión.

Los cerramientos de la nave están contruidos con bloques de hormigón macizos con unas dimensiones de 40 cm x20 cm y una sección de 20 cm x20 cm, la pared norte cuenta con dos puertas de dimensiones 3 m x2,94 m y otras dos con dimensiones de 4 m x4,41 m, la pared sur cuenta con unas entradas de las mismas dimensiones, las paredes este y oeste cuentan con una hilera de ocho ventanas repartidas de forma equidistante y de dimensiones 1,05 m x2,50 m situadas a 15 cm del borde superior de la pared. La solera de la nave es de hormigón pulido y con un tratamiento de pintura plástica sobre este.

### 2.1.3 Descripción de los elementos que generan ventilación natural

Como ya se ha mencionado anteriormente, la nave cuenta con una serie de aberturas que de forma habitual y durante la jornada laboral se encuentran abiertas, favoreciendo así el barrido de los contaminantes que pueden ser emitidos en el interior del edificio debido a los procesos de convección del aire a temperatura ambiente.

La pared norte, es decir, la pared a través de la cual los vehículos salen de la nave tras realizar su determinado proceso de inspección, cuenta con cuatro puertas para el tránsito de dichos vehículos. Dos de estas puertas, destinadas a las líneas para los vehículos más ligeros y de menor tamaño, tienen unas dimensiones de 3 metros de ancho y 2,94 metros de altura. Las otras dos puertas, están destinadas a las líneas por las que circulan los vehículos más grandes y pesados, estas tienen unas dimensiones de 4 metros de ancho y 4,41 metros de altura. Todas estas puertas son de material plástico y de tipo seccional, es decir, puertas formadas por un determinado número de secciones según su tamaño y que en el proceso de apertura circulan a través de un marco de perfiles metálicos, quedando finalmente suspendidas en una posición perpendicular a la fachada en la que están colocadas.

La pared sur, es decir, la pared a través de la cual los vehículos entran a la nave para realizar su determinado proceso de inspección, cuenta con cuatro puertas para el tránsito de dichos vehículos. Dos de estas puertas, destinadas a las líneas para los vehículos más ligeros y de menor tamaño tienen unas dimensiones de 3 metros de ancho y 2,94 metros de altura. Las otras dos puertas, están destinadas a las líneas por las que circulan los vehículos más grandes y pesados, estas tienen unas dimensiones de 4 metros de ancho y 4,41 metros de altura. Todas estas puertas son de material plástico y de tipo seccional, es decir, puertas formadas por un

determinado número de secciones según su tamaño y que en el proceso de apertura circulan a través de un marco de perfiles metálicos, quedando finalmente suspendidas en una posición perpendicular a la fachada en la que están colocadas.

La pared este está adosada a otros espacios que se usan como oficinas, donde se llevan a cabo los trámites necesarios para gestionar el proceso de inspección, servicios y zonas destinadas a los operarios. Esta pared cuenta con una hilera de ocho ventanas de forma rectangular separadas entre sí por una distancia equidistante aproximada de 2,50 metros y con unas dimensiones de 1,05 metros de altura y 2,50 metros de longitud. Estas ventanas se sitúan a 15 centímetros del borde superior de la pared, y están constituidas por dos hojas de cristal simple y un marco metálico de forma cuadrada, por lo tanto, estas ventanas se abren en forma de corredera, superponiendo una hoja de la ventana a la otra y dejando libre el espacio de una de ellas, cuyo espacio aproximado es de 1 metro de alto y 1,20 metros de ancho cuando se encuentran abiertas.

La pared oeste da a un carril usualmente libre que se usa para el tránsito de vehículos desde la zona de entrada de la nave hasta la de salida, haciendo esta una función de “by pass” para evitar que los vehículos circulen por el interior de la nave. Esta pared cuenta con una hilera de ocho ventanas de forma rectangular separadas entre sí por una distancia equidistante aproximada de 2,50 metros y con unas dimensiones de 1,05 metros de altura y 2,50 metros de longitud. Estas ventanas se sitúan a 15 centímetros del borde superior de la pared, y están constituidas por dos hojas de cristal simple y un marco metálico de forma cuadrada, por lo tanto, estas ventanas se abren en forma de corredera, superponiendo una hoja de la ventana a la otra y dejando libre el espacio de una de ellas, cuyo espacio aproximado es de 1 metro de alto y 1,20 metros de ancho cuando se encuentran abiertas.

#### 2.1.4 Dimensiones de los fosos

Las instalaciones destinadas a la inspección técnica de vehículos cuentan con unos fosos cuyo fin es la inspección de la parte inferior de los vehículos por parte de los operarios, entre estas tareas se encuentra, comprobar el estado de los neumáticos, comprobar el estado de los componentes de la dirección, transmisión, suspensión, frenos, además de inspeccionar si existen fugas de cualquier fluido, o si existe corrosión.

Con este fin, la nave usada como referencia cuenta con tres fosos, en nuestro caso, llamaremos “foso 1” al que pertenece a la “línea 1”, siendo esta la que se utiliza para vehículos ligeros más cercana a la pared oeste, “foso 2” a la que pertenece a la “línea 2” que es la siguiente línea de vehículos ligeros, situada de forma contigua a la “línea 1” en dirección oeste-este, el “foso 3” pertenece a la “línea 3” y es la primera línea destinada a vehículos pesados, siguiendo la misma dirección oeste-este. La “línea 4” es la última siguiendo esta dirección y por tanto, la que se sitúa de forma contigua a la pared este, esta línea no cuenta con ningún foso, en su lugar cuenta con un elevador hidráulico.

- En nuestras instalaciones, el “foso 1” tiene una forma de paralelepípedo rectangular y cuenta con unas dimensiones de 7,50 metros de largo, un ancho de 0,85 metros y una profundidad de 1,90 metros.
- El “foso 2” tiene una forma de paralelepípedo rectangular y cuenta con unas dimensiones de 6,50 metros de largo, un ancho de 0,90 metros y una profundidad de 1,90 metros.

- El “foso 3” tiene una forma aproximada de paralelepípedo rectangular ya que las paredes tienen una cierta inclinación, casi despreciable, y cuenta con unas dimensiones de 12 metros de largo, un ancho de 0,80 metros y una profundidad de 1,90 metros.

A la hora de realizar los cálculos de las instalaciones de impulsión y extracción de aire en los fosos, se ha tomado una profundidad media de los fosos de 1,90 metros, respetando las dimensiones de la vista en planta. Este cambio se ha realizado con el fin de intentar que las cotas de la instalación sean uniformes y así evitar diferencias de altura entre diferentes puntos de cada instalación, facilitando así los cálculos y la posterior ejecución en obra.

### 2.1.5 Descripción de las líneas de inspección

Comenzando por la “línea 1”, la más cercana a la pared oeste y cuyo fin es la inspección de vehículos ligeros, la puerta de entrada tiene unas dimensiones de 3 m x 2,94 m, nosotros tomaremos como referencia el ancho de la puerta de 3 metros para delimitar un carril con el mismo ancho, al que llamamos línea 1. Nada más entrar, se realiza la prueba de emisión de gases. Situada a 6,5 metros desde la puerta de entrada se encuentra una placa sobre la cual se coloca la rueda delantera izquierda del vehículo y en este punto se realiza la inspección de la carrocería, alumbrado del vehículo, elementos de seguridad, etc. A una cota de 13 metros desde la puerta de entrada, se sitúa un rodillo de accionamiento hidráulico para evaluar el sistema de frenado. A 8,35 metros de la puerta de salida se encuentra el borde del “foso 1” (7,50x0,85x1,90 m) y a 9,45 metros de la puerta de salida se encuentra la placa sobre la cual se estaciona el vehículo para realizar la inspección en el foso.

La “línea 2” es contigua a la “línea 1” y está destinada a la inspección de vehículos ligeros. Cuenta con un ancho de 3 metros y una longitud total, igual a la longitud total de la nave, 40 metros. La puerta de entrada tiene unas dimensiones de 3 m x 2,94 m, nada más entrar, se realiza la prueba de emisión de gases. Situada a 6,5 metros desde la puerta de entrada se encuentra una placa sobre la cual se coloca la rueda delantera izquierda del vehículo y en este punto se realiza la inspección de la carrocería, alumbrado del vehículo, elementos de seguridad, etc. A una cota de 13 metros desde la puerta de entrada se sitúa un rodillo de accionamiento hidráulico para evaluar el sistema de frenado. A 8 metros de la puerta de salida se encuentra el borde del “foso 2” (6,50x0,90x1,90 m) y a 9,10 metros de la puerta de salida se encuentra la placa sobre la cual se estaciona el vehículo para realizar la inspección en el foso.

La “línea 3” de dimensiones 4 metros de anchura y 40 metros de longitud, tiene como objetivo la inspección de vehículos pesados, ya sean camiones, vehículos agrícolas, autobuses, autocaravanas, etc. Para ello, cuenta con un rodillo hidráulico situado a 13,5 metros desde la puerta de entrada que tiene unas dimensiones de 4 m x 4,41 m. A una distancia de 9,20 metros de la puerta de salida, se encuentra la placa sobre la cual se coloca el vehículo para que sea inspeccionado en el “foso 3” (12x0,80x1,90 m).

La “línea 4” es la que se encuentra más cerca de la pared oeste, esta línea no cuenta con foso, el proceso de inspección se lleva a cabo en un elevador que se encuentra situado a 8 metros de la puerta de entrada (4x4,41 m). El elevador tiene unas dimensiones en planta de 4,20 metros de longitud y 2,20 metros de ancho. Además del elevador, esta línea cuenta con un rodillo hidráulico para evaluar sistemas de frenado situado a 2,20 metros de la puerta de entrada.

En las zonas libres al paso de vehículos, es decir, las zonas exteriores a lo que llamamos “línea”, se encuentran los diversos aparatos necesarios para llevar a cabo la inspección, las cajas que contienen los accionamientos hidráulicos de los rodillos; las escaleras de bajada a los fosos, con unas dimensiones de 3,70 metros de longitud y 1,04 metros de anchura; y las cabinas donde los operarios redactan el material necesario para evaluar el vehículo.

### 3.1 Descripción de las operaciones llevadas a cabo en una inspección técnica de vehículos

La Inspección Técnica de Vehículos, o ITV, es un servicio con el que se pretende aumentar la Seguridad Vial mediante la reducción de los fallos mecánicos y su repercusión en los accidentes de tráfico, así como controlar el nivel de emisiones contaminantes y de ruido producidas por los vehículos a motor, con el fin de preservar el Medio Ambiente y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Estos son los elementos que se revisan durante la inspección técnica de un vehículo:

#### 1. Identificación del vehículo

La marca, modelo, número de bastidor y matrícula del vehículo deben coincidir con los indicados en la documentación del mismo. El usuario debe presentarse a inspección con los originales de la Tarjeta de Inspección Técnica y del Permiso de Circulación. En esta fase el motor se encuentra en funcionamiento a ralentí.

#### 2. Acondicionamiento exterior, carrocería y chasis

Los vehículos no deben presentar defectos de oxidación y/o corrosión en elementos que afecten a los sistemas de seguridad, y no deben tener aristas vivas que puedan causar lesiones a los peatones. Los limpiaparabrisas y lavaparabrisas deben funcionar correctamente, y el estado de las puertas y sus mecanismos deben garantizar su apertura y cierre. También se comprueba que los vidrios estén convenientemente homologados y sin roturas que afecten al campo visual, y que el número de espejos retrovisores sean los necesarios y estén en buen estado y sus fijaciones sean óptimas. Esta fase se realiza con el motor en funcionamiento a ralentí.

#### 3. Acondicionamiento interior

Los vehículos no deben tener aristas ni salientes dentro del habitáculo. Se comprueba que los asientos sean los adecuados y estén perfectamente anclados a la carrocería y que dispongan de los cinturones de seguridad reglamentarios con especial atención a su funcionamiento y sistemas de fijación y anclajes y en caso de llevar sistemas de retención para niños, deben ser los adecuados. Se verifica el funcionamiento del antihielo y anti-vaho y la existencia del antirrobo y velocímetro, comprobándose también que no existan obstáculos que limiten el campo visual directo. Esta fase se realiza con el motor en funcionamiento a ralentí.

#### 4. Alumbrado y señalización

Mediante el regloscopio se comprueba la orientación de las luces de cruce y carretera. Así mismo, se comprueba que estén homologados los dispositivos de iluminación y señalización y que tengan el número reglamentario de luces y estén en perfecto estado de funcionamiento todas ellas. Esta fase se realiza con el motor en funcionamiento a ralentí.

#### 5. Emisiones contaminantes

Mediante un analizador de emisiones, se comprueba que los niveles de emisiones de los vehículos sean inferiores a los establecidos de acuerdo a su fecha de fabricación y al tipo de combustible utilizado. Además, el nivel de ruido producido no debe superar lo establecido en la reglamentación vigente. Esta fase se realiza con el motor arrancado y con el motor funcionando en el rango 3000-4000 rpm, por lo tanto, es el momento de mayor emisión contaminante.

#### **6. Frenos**

Mediante un frenómetro de rodillos se verifica que la eficacia de frenada sea superior a la mínima necesaria según el tipo de vehículo. También se comprueba que las ruedas de un mismo eje frenen con el menor desequilibrio posible entre ellas. Se verifica el estado y funcionamiento de los elementos relacionados con el sistema de frenos, desde el pedal hasta el bombín de la rueda. En esta fase el motor se encuentra en funcionamiento a ralentí.

#### **7. Dirección**

Se comprueba el estado y funcionamiento, así como las posibles holguras que tenga el volante, la columna, la caja de dirección y toda la timonería y rótulas del mecanismo de dirección del vehículo. En esta fase el motor se encuentra en funcionamiento a ralentí.

#### **8. Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión**

Se comprueba y verifica el estado general de los ejes y ruedas, y que los neumáticos que lleva el vehículo sean los homologados para dicho modelo o unos equivalentes. También se verifican los diferentes componentes de la suspensión en relación a sus fijaciones, daños, fugas o protecciones. En esta fase el motor se encuentra en funcionamiento a ralentí.

#### **9. Motor y transmisión**

Se comprueba el estado del motor, con atención especial a las pérdidas de aceite y al estado de sus anclajes, el estado general y fijación de la batería, así como el del depósito de combustible, tuberías y posibles pérdidas del sistema de alimentación. Se verifica el sistema de escape, con atención a las posibles roturas, deformaciones y fijaciones, así como el estado de la transmisión y sus posibles pérdidas. En esta fase el motor se encuentra en funcionamiento a ralentí.

#### **10. Otros**

Dependiendo del tipo de vehículo, se verifican los elementos y documentación específica (tacógrafo, limitador de velocidad, reformas, transporte escolar, transporte de mercancías peligrosas, etc.). En esta fase el motor se encuentra en funcionamiento a ralentí.

Estas descripciones de los procesos llevados a cabo en instalaciones de inspección de vehículos han sido tomadas de <https://www.aeca-itv.com/la-itv/la-itv-en-diez-pasos/>

### **3.2 Proceso de inspección en ITV Cartagena**

En nuestro caso todo el procedimiento descrito anteriormente se lleva a cabo en unas instalaciones situadas en el término municipal de Cartagena, en Carretera de La Asomada, s/n, C.P.: 30353 y coordenadas geográficas 37° 37' 42" N y 0° 57' 58" W, propiedad de la compañía TÜV RHEINLAND.

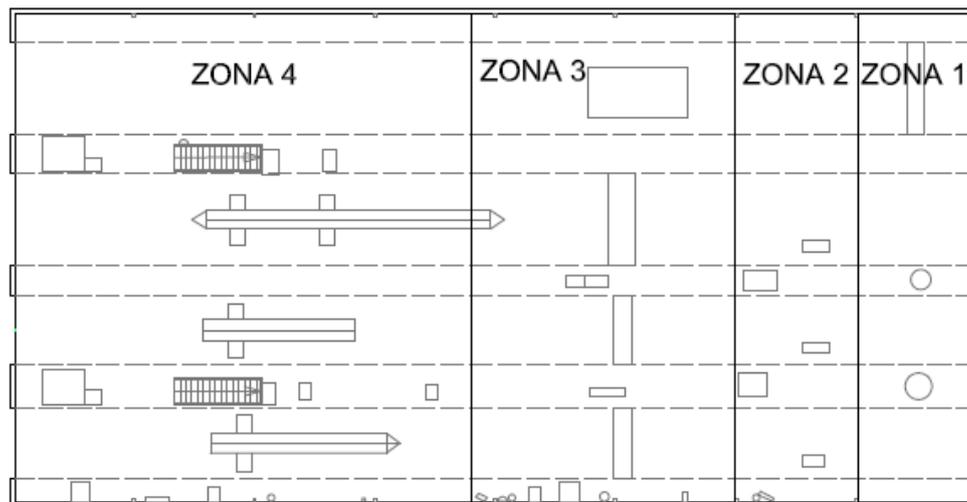


Figura 1.2. Planta de la nave con zonas delimitadas donde se lleva a cabo cada operación.

En estas instalaciones las operaciones para la inspección se llevan a cabo en el siguiente orden y zonas representadas en la figura 1.2.

### Zona 1

Tras la recepción del automóvil se procede a la medición de gases de escape a través de una sonda lambda colocada en el tubo de escape, esta sonda indica los valores de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno emitidos por el escape del vehículo, dependiendo del carburante que estos utilizan y se comprueba que los valores medidos se sitúan entre los rangos permitidos por la ley vigente en el momento.



Figura 1.3. Entrada de vehículos (zona 1) donde se llevan a cabo operaciones de medida de gases.

## Zona 2

Se procede a introducir el vehículo en el interior de la nave y se procede a una primera inspección ocular en la que se comprueban:

2.1) Acondicionamiento exterior. Se comprueba que la visibilidad del conductor es adecuada, los espejos retrovisores, el limpiaparabrisas, el estado de las placas de matrícula y el claxon.

2.2) Carrocería. En este apartado, se comprueba el correcto estado del bastidor asegurándose que este no presenta corrosión o fracturas, también se comprueba el estado de la carrocería asegurándose que no existen partes sueltas o dañadas que se puedan desprender durante la marcha o piezas deformadas que impidan el correcto funcionamiento de partes móviles como las puertas o el capó.

2.3) Acondicionamiento interior. Se revisa el interior del vehículo asegurándose de que no existen luces de emergencia o avería encendidas en el cuadro de instrumentos, también, se comprueba el correcto funcionamiento de los cinturones de seguridad, el anclado de los asientos y los mecanismos de apertura de las puertas. También suele ser el punto en el que se comprueba que el número de bastidor del vehículo se corresponde con el de la documentación aportada.

2.4) Señalización y alumbrado. En este punto, es revisado a fondo el funcionamiento y estado del sistema de alumbrado, en concreto: luces de carretera, cruce, intermitentes, luces de freno, luces de gálibo, luces de placa de matrícula y catadióptricos. Para ello, es necesaria la utilización de un regloscopio.



Figura 1.4. Operario durante su proceso de inspección en la zona 2.

## Zona 3

Comprobación del sistema de frenado. Se procede a subir el coche en un sistema hidráulico compuesto por unos rodillos donde se pone en marcha el vehículo y mediante el accionamiento de los diversos sistemas de frenado del automóvil (frenos de servicio y estacionamiento) se comprueba su eficacia y el equilibrio del sistema.

#### Zona 4

En último lugar, el vehículo se coloca sobre el foso estacionando este sobre unas placas móviles. Entonces se procede a la comprobación de la dirección, suspensión y ejes. Mediante la vibración de las placas mencionadas anteriormente, se procede a una inspección ocular llevada a cabo por un operario desde el foso situado en la zona inferior al coche, se comprueba que no existen holguras ni desgaste en el sistema de dirección y diversos elementos que unen las ruedas al vehículo, se comprueba que no existen fugas de aceite, combustible o líquido refrigerante en ninguno de los sistemas del vehículo, también se comprueban las dimensiones y el estado de los neumáticos y si existen partes del automóvil afectadas por la corrosión.



Figura 1.5. Foso desde donde se realiza la inspección de la parte inferior del vehículo.

## 4.1 Funcionamiento del software dmELECT instalaciones.

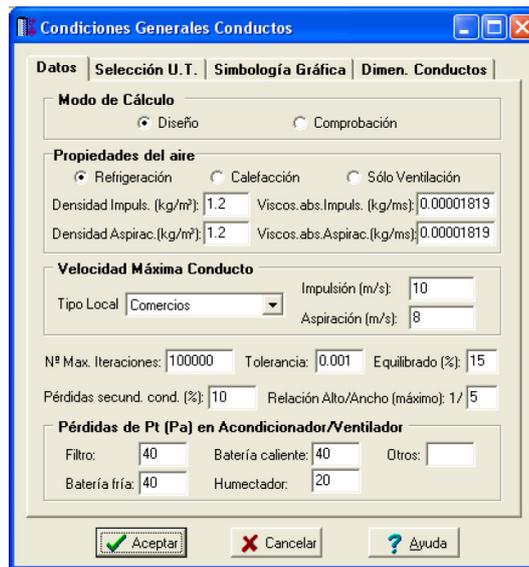


Figura 4.1. Ventana características generales conductos dmelect.

El primer paso es definir las condiciones generales de funcionamiento del software, debemos seleccionar entre **modo DISEÑO o COMPROBACIÓN**.

En modo **DISEÑO**, basta con definir el circuito de ventilación situando sobre el plano el circuito de conductos utilizando una serie de accesorios que se enumeran posteriormente, también es necesario situar las unidades terminales y el ventilador. El programa calcula automáticamente el tamaño de los conductos, las unidades terminales según el tipo seleccionado y el ventilador.

En modo **COMPROBACIÓN**, el software deja una mayor libertad y podemos definir a nuestro criterio la sección de la red de conductos, una opción que conviene utilizar tras un prediseño en modo **DISEÑO**, de esta forma podremos equilibrar y optimizar los resultados obtenidos en el primer modo.

El siguiente paso es definir las **propiedades del aire** y seleccionar entre el tipo de instalación que vamos a realizar siendo estas **REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN o SOLO VENTILACIÓN**. En nuestro caso concreto es obvio que seleccionaremos la opción **SOLO VENTILACIÓN** que se diferencia de las otras, en que hay que definir el caudal que circula por cada una de las unidades terminales, en las otras opciones el caudal se obtiene automáticamente de otro complemento del software llamado cargas térmicas en el que es necesario definir una serie de parámetros como localización del inmueble o describir sus elementos constructivos.

Una vez seleccionamos el modo **SOLO VENTILACIÓN**, hay que darle los valores de densidad y viscosidad del aire utilizado en los circuitos de impulsión y extracción, considerando aire a una temperatura de 20 °C estos valores serán, Densidad 1.2 kg/m<sup>3</sup> y Viscosidad 0,00001819 kg/ms.

El siguiente parámetro que se define es la **velocidad máxima en el conducto**, este parámetro viene dado por el tipo de local, es decir, el uso que se le va a dar al local, y en

función de este, vienen dados el valor de la velocidad máxima en los circuitos de impulsión y aspiración. Este valor puede ser modificado por el usuario, aunque no se recomienda para cumplir con las exigencias de los niveles de ruido.

En sus catálogos, los fabricantes especifican los valores de caudal y presión para cada dimensión de las unidades terminales que construyen. Un exceso de presión sobre la necesaria por una unidad terminal de impulsión se traduce en un aumento del caudal inducido en un local. De la misma manera, un defecto de presión indica que la unidad terminal no es capaz de proporcionar el caudal en ella especificado. Una red de conductos bien calculada y con un ventilador adecuado, además de cumplir con las velocidades recomendadas, debe garantizar que la presión total en cada unidad terminal tenga un valor lo más próximo posible al requerido por ella. Esto es lo que se llama **equilibrado** de la red, normalmente se considera aceptable un valor que difiera un 15 % con la presión necesaria.

El **número máximo de iteraciones** viene por defecto en el programa, siendo este 100000, este número representa las iteraciones que el programa realiza para resolver las matrices de cálculo y obtener las soluciones.

La **tolerancia** representa el margen de error para aceptar una solución a la hora de calcular los caudales en las ramas del circuito, por defecto el valor es de 0,001 m<sup>3</sup>/h, esto quiere decir que si consideramos un caudal de 120 m<sup>3</sup>/h, el valor 119,999 m<sup>3</sup>/h y 120,001 m<sup>3</sup>/h también serán considerados como una solución válida.

Un fluido al circular por una conducción experimenta dos tipos de pérdidas de presión, las primarias que son debidas al rozamiento con las paredes interiores del conducto por la viscosidad del fluido, y son representadas por la ecuación de Darcy-Weysbach y las secundarias, que son pérdidas debidas a singularidades en la red (codos, bifurcaciones, reducciones, etc.) que son calculadas mediante coeficientes obtenidos por ASHRAE ensayando cada componente. Además de considerar estas pérdidas, el software contempla unas **pérdidas secundarias adicionales**, que suelen considerarse un 10% de las pérdidas primarias, este factor se utiliza para tener en cuenta posibles diferencias entre el diseño y la red real (transiciones no previstas, ejecución en obra de los componentes, conexiones mediante cuellos adaptables, etc.).

La **relación ancho/alto máximo** representa la relación entre las dimensiones mayores y menores en un conducto rectangular, es un factor importante ya que al aumentar esta relación aumenta el coste de los conductos y el coste de explotación. En caso de no poder usar conductos circulares, debe utilizarse el conducto rectangular más aproximado a la forma cuadrada, es decir, con  $r=1$ . Aunque por norma UNE 100-101-84 se admite como válida la relación  $r \leq 4$ .

**Pérdidas de presión en el acondicionador/ventilador**, en nuestro caso, al utilizar un ventilador, las únicas pérdidas de presión que se tienen en cuenta y se expresan en Pascales, son las pérdidas del filtro, y las de otros.

Una vez seleccionadas las condiciones generales y para facilitar el diseño y dimensionado de la red de conductos, se procede a introducir una imagen del local como fondo a escala 1:1. El programa admite archivos en formato DWG o DXF.

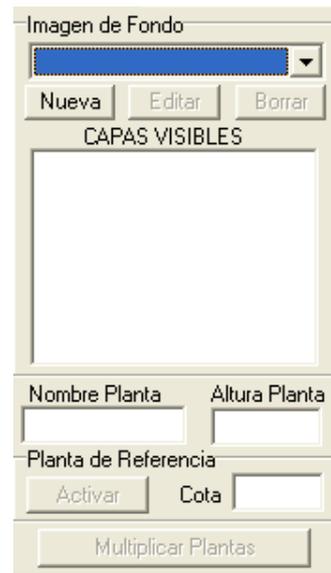


Figura 4.2. Menú para introducir imagen de fondo.

Esta imagen ha de introducirse desde la pestaña izquierda donde se sitúan todas las pestañas que dan acceso a los diferentes complementos del software, en concreto, esta pestaña recibe el nombre de Conf.Edificio. Para introducir la imagen, es suficiente con hacer “click” en nueva, acceder al archivo DXF o DWG a través del programa, y seleccionar nuestra imagen en el recuadro que aparece en azul en la figura anterior.

Posteriormente a introducir la imagen a escala 1:1, accedemos a la pestaña de C.Térmicas donde nos queda un entorno como el de la figura de abajo.



Figura 4.3. Entorno de trabajo, una vez introducido el archivo de fondo.



Figura 4.4. Barra de accesorios, para describir la red de ventilación.

Utilizando las coordenadas del puntero y la barra de accesorios de la figura 4.4, se define el diseño de la red que más se adapte a nuestras condiciones. Los elementos se pueden rotar en cualquier sentido para definir la red de la forma más adecuada.

El primer icono de la barra  es esencial a la hora de describir nuestro circuito ya que el ventilador producirá la presión necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación. A este elemento no se le puede definir demasiado las propiedades ya que el software calcula la presión, caudal y potencia, automáticamente. La única propiedad que el programa nos deja definir es la cota a la que situamos la unidad.

El segundo icono  representa un acondicionador, por lo tanto, en nuestro caso no es de aplicación, ya que nuestro único fin es ventilar.

El icono  representa un codo, este es el componente que permite realizar cambios de dirección en la red de conductos, su ángulo puede variar entre 0° y 90°. El programa da opción a elegir el tipo de sección que queremos utilizar en este elemento, circular o rectangular, y entre los distintos tipos de codo que existen según el tipo de sección. Además de elegir estos parámetros, también debemos asignar el circuito al que pertenece este componente, aspiración o impulsión.

- Conducto rectangular: codo ordinario o de radio uniforme, codo reducido con aletas directrices o álabes-guía y codo recto o biselado con y sin aletas (deflectores). La relación óptima de R/D es de 1,25. Los codos especiales ocupan menos espacio, pero provocan mayores pérdidas de carga.

- Conducto circular: codo suave o de radio uniforme, codos de 3, 4 y 5 piezas y codo recto o biselado. La relación óptima de R/D es 1,5.

El icono  es un componente que permite una derivación a 90° desde el conducto principal. Las derivaciones más comunes son las que utilizan un codo ordinario, de radio uniforme, partiendo directamente de la parte interior del conducto o practicando una reducción en el conducto principal. El software también da opción a seleccionar una derivación con curvado a 45° o a una derivación recta. Como en el caso anterior, también es necesario asignar el circuito al que pertenece el componente, impulsión o aspiración.

El icono  representa un componente que permite hacer una derivación en Y, es decir, derivaciones que forman menos de 90° con el conducto principal. En este caso se puede asignar manualmente el valor del ángulo que forman el conducto principal y la bifurcación. También es necesario asignar el circuito al que pertenece el componente, impulsión o aspiración.

El componente bifurcación en T  sirve para desdoblarse un conducto principal en dos ramales que forman 90° del principal. Es necesario asignar el circuito al que pertenece el componente, impulsión o aspiración y el tipo de sección, rectangular o cuadrada.

El componente bifurcación en Y  sirve para desdoblarse el conducto principal en dos ramales que forman menos de 90° con el principal. Es necesario asignar el circuito al que pertenece el componente, impulsión o aspiración y el tipo de sección, rectangular o cuadrada.

El componente derivación en T doble  sirve para obtener dos ramales a 90° desde el conducto principal. Es necesario asignar el circuito al que pertenece el componente, impulsión o aspiración y el tipo de sección, rectangular o cuadrada.

El componente derivación en Y doble  se utiliza para obtener dos ramales que forman un ángulo menor a 90° con el conducto principal. Es necesario asignar el circuito al que pertenece el componente, impulsión o aspiración y el tipo de sección, rectangular o cuadrada.

El componente transición  sirve para realizar cambios de sección, ya sea en el tamaño del conducto, es decir, pasar de un conducto de un tamaño superior a otro menor o viceversa y además, también se puede utilizar para realizar un cambio de sección, es decir, de circular a rectangular o al contrario. Los métodos normalmente empleados en el cálculo de conductos exigen una reducción después de cada boca de impulsión y de cada derivación. No obstante, si esta reducción es inferior a 50 mm, no es conveniente modificar la sección primitiva del conducto, pues pueden reducirse los gastos de instalación hasta un 25 %.

El componente obstáculo  como su nombre indica, es un elemento que se introduce en el circuito para provocar pérdidas obstaculizando el flujo de aire, se puede elegir entre los tipos, compuerta de mariposa, compuerta de álabes fijos, persiana, placa perforada, cilindro y pérdida fija. Cada uno de estos tipos de obstrucciones, se puede modificar en función de su forma para que produzca mayores o menores pérdidas. Es necesario definir si el obstáculo se encuentra en el circuito de aspiración o impulsión.

El componente conexión entre plantas  no se va a utilizar en nuestro caso, ya que para nuestra aplicación particular tendremos una red de ventilación en los fosos y otra en la planta de la nave de inspección, pero ninguna de las dos instalaciones estará formada por componentes que no pertenezcan a una misma planta.

El componente entrada/salida de aire  puede variar en función del circuito donde se dibuja, si lo dibujamos en un circuito de impulsión este se considerará una salida de aire, pero si el componente forma parte del circuito de extracción, el componente se estará usando como una entrada de aire. La pérdida de carga que se genera al pasar el flujo de aire por su interior está ensayada por ASHRAE, no se obtiene de ningún catálogo comercial o fabricante. En nuestro caso particular, para una instalación de ventilación, también es necesario definir el caudal que pasa a través de dicho componente en m<sup>3</sup>/h.

El componente rejilla  es una boca para impulsión o aspiración de aire, dependiendo del circuito donde se coloque, sus parámetros característicos (velocidad de salida, pérdida de carga, nivel de ruido, alcance, dimensiones, etc.) están ensayados por determinados fabricantes. El software nos da opción a elegir entre diferentes tipos de rejilla según la aplicación a la que vayamos a dedicar nuestra red de conductos, siendo estos: simple deflexión horizontal, simple deflexión vertical, doble deflexión vertical-horizontal, toma de aire exterior, lamas fijas a 45° y de retícula.

En este caso, en una instalación de ventilación también debemos asignar manualmente el caudal en m<sup>3</sup>/h que trasiega por la rejilla, además del caudal, también es necesario que definamos otro parámetro a elegir entre: velocidad máxima, alcance mínimo, nivel de ruido o pérdida de carga. Con estas variables, el programa podrá hacer una selección de la unidad terminal que más se adecúa para la red de conductos que estamos diseñando. En este caso, el tamaño de la rejilla también se puede fijar utilizando la base de datos de los fabricantes y seleccionando un tamaño normalizado.

El componente difusor  es una boca de impulsión que normalmente se coloca en el techo y suministra aire en varias capas, sus parámetros característicos (velocidad de salida, pérdida de carga, nivel de ruido, alcance, dimensiones, etc.) están ensayados por determinados

fabricantes. En este caso, se puede elegir entre diferentes tipos de difusores según la aplicación de uso: circular de conos fijos, circular de conos regulables, cuadrado de una dirección, cuadrado o rectangular de dos direcciones, cuadrado de tres direcciones, cuadrado de cuatro direcciones, rotacional con ranuras radiales, rotacional con ranuras no radiales, rotacional cuadrado, lineal o esférico.

En los difusores al igual que en las rejillas, es necesario definir un caudal de impulsión y otro parámetro, para que el software pueda seleccionar la que más se adecúa a nuestras demandas.

El componente tobera y multitobera  sirve para aumentar la velocidad del flujo de aire antes de difundirse en el local. Esto se consigue con una boquilla con sección de paso menor que la del conducto donde estén colocadas. Las multitoberas son un conjunto de toberas que se sitúan sobre un marco común. Los parámetros característicos (pérdida de carga, caudal impulsado, velocidad efectiva de salida de aire, etc) son ensayados y proporcionados por el fabricante.

Una vez hemos concluido con el diseño del trazado del circuito obtenemos una instalación similar a la de la figura 4.5, en la que las líneas representan el centro de los conductos que forman parte de la instalación.

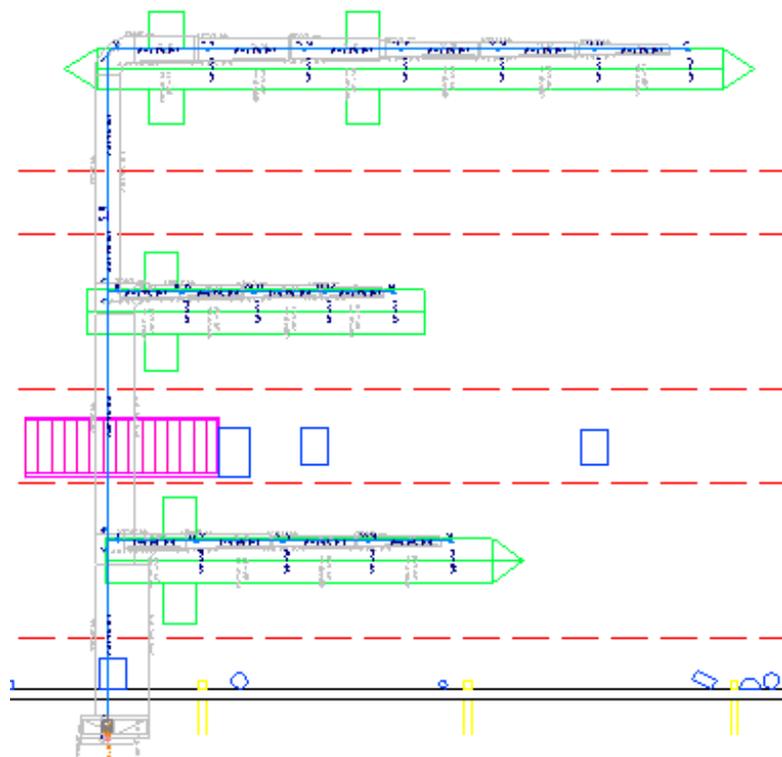


Figura 4.5. Esquema de la instalación previo a resolución.

En esta figura, la parte de la instalación destinada a la impulsión, aparece en color azul claro, y la extracción aparece en color naranja. Se puede observar que frente a cada boca o unidad terminal se sitúa un número, el cual representa el caudal que circula por esta unidad terminal en concreto, esto es un factor muy importante ya que el ventilador solo aporta energía mecánica al fluido y no produce ninguna variación de caudal en su interior. Por tanto, el caudal de la suma de todas las bocas del circuito en impulsión tiene que ser el mismo que el de la

suma de todas las bocas del circuito de extracción. En caso de no ser así, el programa detecta el error y no se puede proceder a calcular la instalación.

Una vez hemos realizado todos los pasos anteriores, procedemos al cálculo de la instalación.

La forma mas rápida de proceder es pulsar el icono “calcular”  ,en este momento nos aparece un cuadro de información con errores u observaciones si los hubiese y en pantalla aparece una instalación con los conductos en su configuración final, es decir, nos aparece el tipo de conducto utilizado y sus dimensiones. Además, también aparece el tamaño de las unidades terminales o rejillas y el caudal que circula por estas. Tras este proceso queda una instalación de forma similar a la de la figura 4.6.

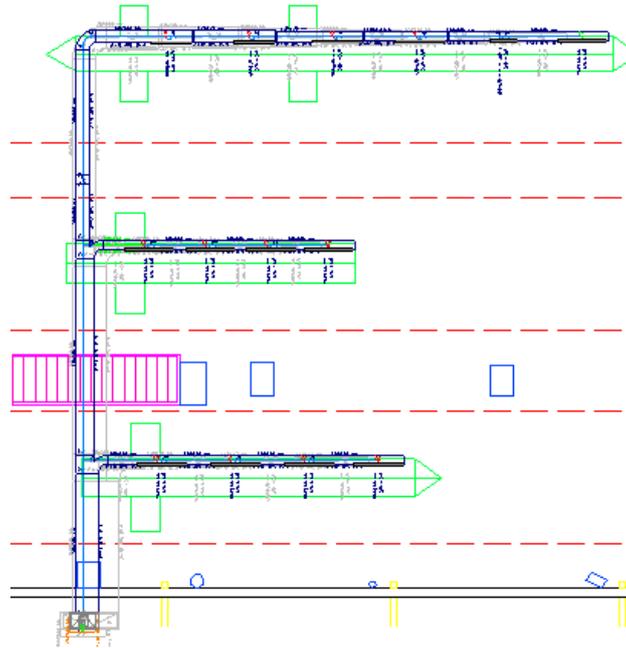


Figura 4.6. Instalación una vez ha sido calculada.

Una vez que la instalación ha sido calculada podemos proceder a su análisis pulsando en los iconos:

 Este icono sirve para obtener el anexo de cálculos del proyecto en un archivo tipo docx. para abrir en cualquier software procesador de texto. En este archivo, tenemos la información más relevante, como son las condiciones del aire que se consideran a la hora de realizar los cálculos, es decir, su densidad y viscosidad; o la velocidad máxima permitida en los conductos.

El documento cuenta con una tabla donde aparecen las presiones de todos los nudos, tanto dinámica como estática y la suma de ambas, es decir, la presión total. Además, en los nudos en los que se encuentra una salida o entrada de la red de conductos también aparece la pérdida de carga necesaria, y la diferencia entre la presión total del nudo y esta pérdida de carga que se debe vencer.

En una segunda tabla, aparecen los valores que hacen referencia a los conductos, aparecen el nudo donde empieza y finaliza el conducto, su longitud total, el tipo de material y su rugosidad, el circuito al que pertenece, las dimensiones de la sección del conducto, el caudal que fluye por su interior, la velocidad a la que circula el fluido y las pérdidas generadas en cada tramo.

Existe una tercera tabla en la que se describen las unidades terminales. En esta, se indica el tipo de rejilla utilizada, el caudal asignado a cada unidad terminal, la velocidad efectiva, las pérdidas que generan al flujo y el tamaño de la unidad en milímetros.

A parte de estos componentes de la instalación, también aparece un apartado dedicado al ventilador donde se indica la presión necesaria en Pa, el caudal necesario en  $m^3/h$  y la potencia en W.



Este icono genera un archivo .docx llamado “mediciones del proyecto” en el que se da un listado de todos los componentes de la instalación, se resumen los conductos, indicando su sección, longitud y material utilizado. Los componentes como pueden ser codos o bifurcaciones también se contabilizan indicando el número de cada uno de estos. Finalmente, también se obtiene un resumen de las unidades terminales, en el que se indica el tipo de unidad y las dimensiones de esta.



Al pulsar en este icono se genera un archivo .dxf que contiene la red de conductos a escala 1:1. Puede ser utilizado en un software como Autocad para editar pequeños detalles que no queden totalmente definidos en el dibujo generado automáticamente o para generar los planos necesarios para el visado del proyecto y la ejecución en obra.

A parte de estos tres iconos que permiten acceder a los resultados del cálculo generado por el software, en la pestaña “Resultados” también se puede acceder a una memoria y un pliego de condiciones genérico, que se puede utilizar en cualquier software editor de texto.

Como última aportación, es necesario describir la forma más lógica de trabajar utilizando este software, lo más conveniente es realizar un prediseño de nuestra instalación en el modo llamado por el software “Diseño”. Una vez tenemos el esquema de la instalación con los caudales asignados, el software se encarga de solucionar nuestra instalación indicando el tamaño de los conductos, unidades terminales e indicando la presión, caudal y potencia requeridos al ventilador.

Una vez que tenemos este prediseño, indicamos al software que nuestro deseo es trabajar en modo “Comprobación”, es entonces cuando podemos modificar las secciones de los conductos a nuestro antojo, utilizando conductos de sección equivalente a los obtenidos por el software en modo diseño, así podemos salvar las limitaciones de espacio. Por otra parte, también se necesita un equilibrado del sistema, para que por cada unidad terminal circule el caudal que hemos asignado en la teoría. La forma más sencilla de hacer esto es montar una compuerta de regulación, tras cada rejilla, en la que nosotros asignamos la pérdida de carga manualmente. Pero como esta solución no es demasiado sensata debido al elevado coste que representaría para la instalación, se colocan algunas obstrucciones ya sean compuertas de mariposa, persianas, etc., para provocar una estrangulación del flujo en los conductos y obtener unas presiones en los nudos similares a las requeridas. Otra forma de proceder para el equilibrado, sería disminuir el diámetro de los ramales por los que circula el fluido, pero esta forma no es efectiva con este software, ya que el caudal que circula por cada ramal se mantiene constante, entonces se produciría un aumento de la velocidad del flujo, provocando un aviso de error en el software por sobrepasar la velocidad máxima en el conducto.

## 5. Sistemas de ventilación forzada

En este apartado se va a proceder a la descripción y dimensionado de los sistemas propuestos para favorecer la ventilación en el interior de las instalaciones.

### 5.1 Sistema de ventilación en fosos de inspección

#### 5.1.1 Sistema de impulsión

##### 5.1.1.1 Sistemas propuestos

En un primer momento, se optó por una configuración del sistema en la que los conductos se distribuían en forma de anillos, colocados a 10 centímetros del borde superior del foso y adosados a la pared del mismo. Para la distribución del aire, se pretendían utilizar seis rejillas con deflexión simple en el foso de mayor tamaño y cuatro rejillas del mismo tipo en los dos fosos de dimensiones más reducidas. La distribución de los conductos partía desde un ventilador colocado en el exterior de la pared oeste, la más cercana al primero de los fosos de inspección. El resultado final es una instalación como la de la figura 5.1.

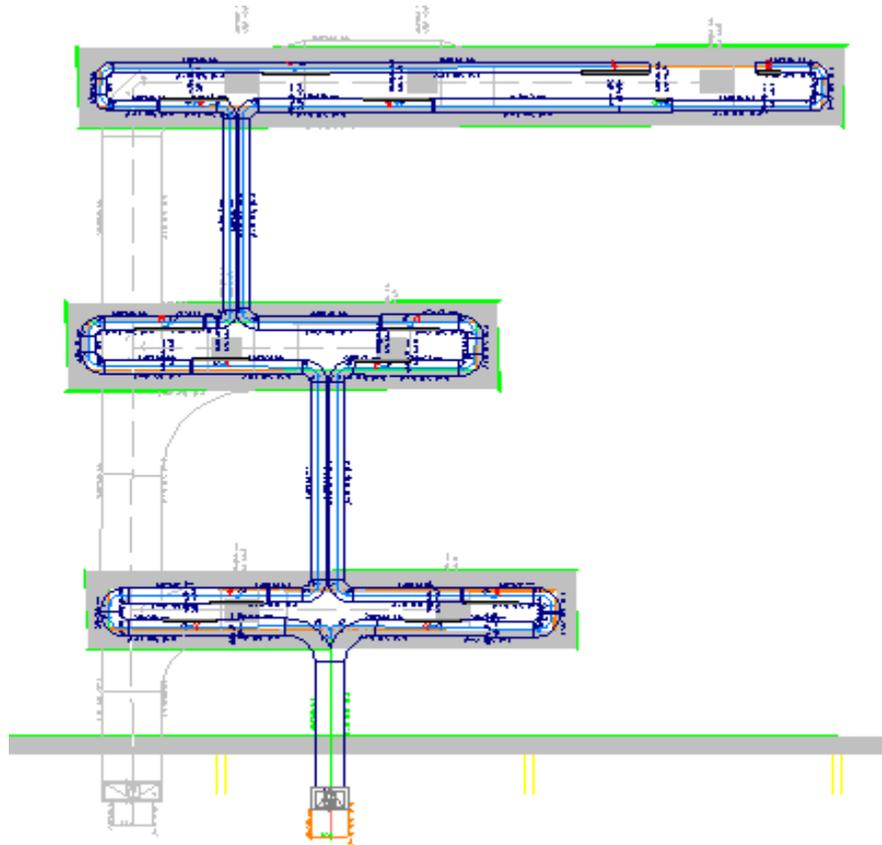


Figura 5.1. Vista en planta de instalación de impulsión en forma de anillo en fosos.

Este sistema finalmente fue descartado por los siguientes motivos:

- El primer y principal motivo por el que se descartó el sistema es porque es un sistema cerrado o mallado, es decir, todos los puntos del circuito están conectados entre sí. Pero el software utilizado para calcular el sistema no calcula sistemas de este tipo.

- El segundo motivo para descartar el sistema es que presenta un defecto por falta de espacio entre los conductos debido a su distribución de conductos en forma de anillo, con el consiguiente riesgo de que un operario sufra alguna lesión debida al golpeo con la instalación y generando una pérdida de espacio de trabajo que provoca que el operario no pueda realizar eficientemente su correspondiente labor.
- El tercer contratiempo que presenta la instalación es que cuenta con una longitud total de 61,04 metros de conductos de sección rectangular y un total de veintiún accesorios (veinte codos y una bifurcación en “T”). Por tanto, el sistema por el que se optó finalmente, presenta un mayor ahorro en costes de ejecución ya que este cuenta con un total de 32,05 metros de conducto de sección rectangular y un total de seis accesorios (un codo, dos bifurcaciones en “T” y tres obstáculos para equilibrar el sistema). Las unidades terminales o rejillas y el ventilador, son los mismos en los dos casos.

El sistema destinado finalmente a la impulsión en los fosos tiene forma ramificada, cuenta con tres ramas, una para cada foso, unidas mediante los pertinentes accesorios a un conducto general que une las tres ramas con un ventilador situado en la cara exterior de la pared oeste. El sistema está constituido por conductos colocados a 10 centímetros del borde superior del foso, los conductos son de sección rectangular para facilitar el anclaje de estos en las paredes del foso. Y cuenta con seis unidades terminales en el foso de mayor tamaño, y otras cuatro en cada uno de los fosos de menor tamaño, destinadas a crear una sobrepresión en la parte superior del foso, evitando así la entrada de contaminantes a las zonas de operación de los trabajadores. El resultado final se puede observar en la figura 5.2.

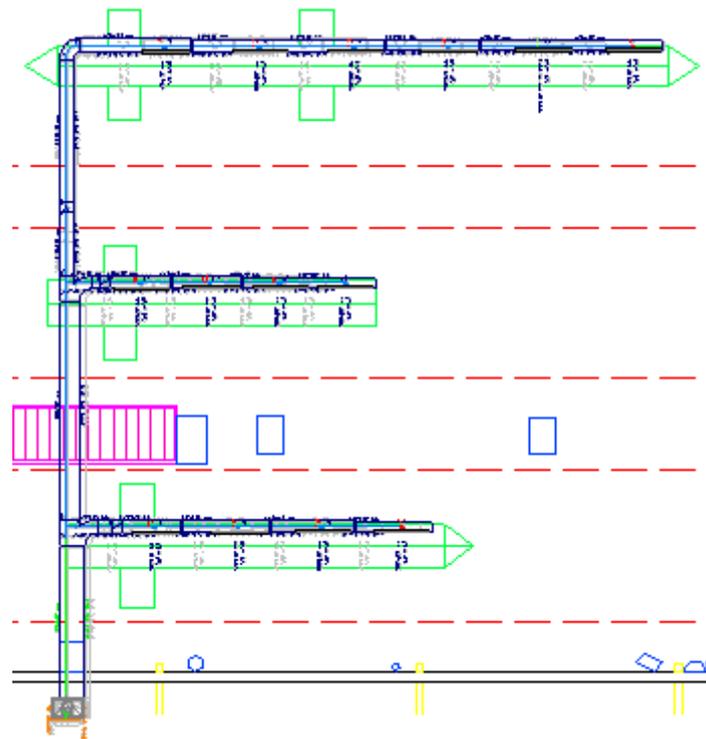


Figura 5.2. Sistema de impulsión en fosos.

### 5.1.1.2 Cálculos y datos de partida para prediseño

Para poder realizar un prediseño con el software, hay que estimar los valores de caudal y un parámetro a elegir entre la pérdida de carga, el nivel de ruido, el alcance o la velocidad efectiva. Estos valores deben ser definidos para poder seleccionar cada una de las unidades terminales del sistema. Además de estos valores, es necesario realizar un esquema, en este caso sobre un plano en planta, del trazado que sigue toda la instalación, definiendo las posiciones de los elementos como pueden ser: el ventilador, las unidades terminales, y los accesorios necesarios para describir el circuito al completo. También es necesario definir al software el tipo de sección con la que queremos que calcule la instalación, las cotas a las que se sitúa cada elemento del circuito y las velocidades máximas en el interior de los conductos.

En esta instalación concreta se ha procedido de la siguiente forma:

El primer paso, ha sido definir la velocidad de paso a través de las rejillas teniendo en cuenta el RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Cuyo anexo III define:

Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:

1. Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
2. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
3. Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

En nuestro caso, sin lugar a duda, las condiciones de uso por parte de los operarios pertenecen al tercer apartado y por tanto, nuestro valor de velocidad efectiva o de paso a través de la rejilla, para la selección de unidades terminales será de **V = 0,75 m/s**.

A partir de este valor, se ha calculado el caudal procediendo de la siguiente forma. Para contar con un área de referencia a la hora de calcular el caudal y realizar un prediseño se han tomado como referencia y de forma aleatoria, aunque teniendo en cuenta la aplicación a la que están destinadas unas rejillas con una sección rectangular de dimensiones 500 mm de largo y 250 mm de ancho. Con la relación  $Q = V \cdot A$  se ha obtenido un caudal de  $Q = 0,09375 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este valor para simplificar los cálculos se ha aproximado a  $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s} = 360 \text{ m}^3/\text{h}$ . Este es el caudal estimado para cada una de las unidades terminales.

Si tenemos en cuenta la norma DIN 1946 que indica el número de renovaciones por hora según el tipo de local como vemos en la tabla 5.1.

Tipo de local	NRH	Tipo de local	NRH
Naves industriales con hornos y baños	30 ± 60	Cines	10 ± 20
Talleres de pintura	40 ± 60	Teatros	10 ± 15
Talleres de mecanizado	5 ± 10	Iglesias	1 ± 2
Oficinas de bancos	3 ± 4	Fábricas en general	5 ± 10
Lavanderías	20 ± 30	Fundiciones	20 ± 30
Panaderías	25 ± 35	Garajes	6 ± 8
Oficinas generales	5	Salas de juntas	5 ± 10
Oficinas privadas	5 ± 10	Hospitales	4 ± 6
Bar de hotel	5 ± 8	Laboratorios	5 ± 10
Café	10 ± 12	Lavabos	10 ± 15
Cafeterías y Snacks	15 ± 18	Gallineros	6 ± 10
Cantinas	4 ± 6	Escuelas, aulas	2 ± 3
Tabernas	5 ± 10	Clubs	8 ± 10
Restaurantes medios	6 ± 10	Salas de juego	10 ± 15
Restaurantes lujosos	5 ± 8	Salas de baile	6 ± 8
Cocinas domésticas	10 ± 15	Tintorerías	20 ± 30
Cocinas industriales	15 ± 20		

Tabla 5.1. Renovaciones por hora según el tipo de local.

Si realizamos los cálculos para obtener el NRH “número de renovaciones por hora” en los fosos de nuestra instalación obtenemos los siguientes resultados.

En primer lugar necesitamos calcular el volumen de los fosos con una relación  $V_i = l \cdot w \cdot h$

- El foso 1 cuenta con unas dimensiones de 7,5 m de largo, 0,85 m de ancho y 1,90 m de altura, obteniendo así un volumen  $V_i = 12,11 \text{ m}^3$ .
- El foso 2 cuenta con unas dimensiones de 6,5 m de largo, 0,90 m de ancho y 1,90 m de profundidad, obteniendo un volumen de  $V_i = 11,11 \text{ m}^3$ .
- El foso 3 tiene unas dimensiones de 12 m de largo, 0,90 m de ancho y 1,90 m de profundidad, el volumen obtenido es de  $V_i = 20,52 \text{ m}^3$ .

Ahora se calcula el NRH de la siguiente forma  $\text{NRH} = \frac{n \cdot Q}{V_i}$  siendo  $n$  el número de rejillas instaladas en cada foso,  $Q$  el caudal unitario de cada rejilla en  $\text{m}^3/\text{h}$  y  $V_i$  el volumen en  $\text{m}^3$  de cada uno de los fosos. Con esta ecuación obtenemos el siguiente resultado.

- $\text{NRH foso 1} = 4 \times 360 / 12,11 = 118,90$
- $\text{NRH foso 2} = 4 \times 360 / 11,11 = 129,61$
- $\text{NRH foso 3} = 6 \times 360 / 20,52 = 105,26$

Podemos ver que al realizar los cálculos del NRH para el volumen de los fosos utilizados en esta instalación, los resultados obtenidos superan con creces incluso a los casos más desfavorables presentes en la tabla 5.1, de esta forma podemos ver que nuestro caudal es adecuado para la aplicación requerida.

Del libro “Industrial Ventilation” referencia bibliográfica [1] podemos obtener que en el caso de los conductos de impulsión las velocidades del aire a través de los conductos no son demasiado importantes, y define un rango de velocidades de 8-10 m/s, pudiendo elegir para obtener el menor coste de operación y cumpliendo con los niveles de ruido exigidos. En nuestro caso, para realizar los cálculos con el software hemos utilizado un valor para la velocidad de  $v = 8 \text{ m/s}$ .

Los conductos han sido seleccionados con una sección rectangular, para facilitar el montaje de la instalación anclada a la pared.

Las unidades terminales seleccionadas son rejillas con deflexión simple para poder orientar el flujo de aire hacia las zonas necesarias y de esta forma conseguir el correcto y eficaz uso de la instalación. Las rejillas son seleccionadas de una base de datos interna del software, en nuestro caso hemos optado por el fabricante Koolair.

El software utiliza en sus cálculos las propiedades del aire a una temperatura de  $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo estas.

Densidad:  $1,2\text{ Kg/m}^3$  y Viscosidad absoluta:  $0,00001819\text{ Kg/ms}$

### 5.1.1.3 Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño

Los resultados para los valores de las presiones en los diferentes puntos del circuito de impulsión son los siguientes.

Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	52,27	-7,71	44,55			
2	36,3	-61,73	-25,44			
3	52,27	-16,39	35,87			
4	41,67	-3,2	38,47			
5	24,58	-9,7	14,88			
6	41,67	-13,95	27,72			
7	26,67	1,51	28,17			
8	37,46	-24,88	12,58			
9	26,67	-6,21	20,46			
10	26,67	-12,46	14,21			
11	26,67	-15,58	11,09	360	0,24	10,85 (!)
12	26,23	-14,35	11,88			
13	26,23	-17,74	8,49	360	0,24	8,25 (!)
14	24,58	-15,22	9,35			
15	24,58	-18,85	5,72	360	0,24	5,48 (!)
16	21,07	-14,39	6,68			
17	21,07	-17,95	3,12	360	0,24	2,88 (!)
18	15	-10,8	4,2			
19	15	-13,78	1,22	360	0,24	0,98 (!)
20	3,75	-2,67	1,08			
21	3,75	-3,51	0,24	360	0,24	0*
22	37,46	-28,53	8,93	360	0,24	8,69 (!)
23	21,07	-10,27	10,8			
24	21,07	-12,79	8,28	360	0,24	8,04 (!)
25	15	-5,64	9,36			
26	15	-7,75	7,25	360	0,24	7,01 (!)
27	3,75	3,36	7,11			
28	3,75	2,77	6,52	360	0,24	6,28 (!)
29	24,58	-12,47	12,11	360	0,24	11,87 (!)
30	21,07	-8	13,07			
31	21,07	-11,11	9,96	360	0,24	9,72 (!)
32	15	-3,97	11,03			
33	15	-6,57	8,43	360	0,24	8,19 (!)
34	3,75	4,53	8,28			
35	3,75	3,8	7,55	360	0,24	7,31 (!)
36	36,3	-61,73	-25,44	-5.040	-25,44	0*
37	26,67	-0,73	25,93			
38	26,67	-0,73	25,93			
39	37,46	-26,56	10,9			
40	37,46	-26,56	10,9			
41	24,58	-11,23	13,35			
42	24,58	-11,23	13,35			

Tabla 5.2. Distribución de presiones sistema de impulsión desequilibrado.

Como se puede ver en la tabla 5.2, el sistema prediseñado presenta un cierto desequilibrio. En la última columna se puede ver las diferencias de presión entre la presión total de cada nudo y la presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema.

#### 5.1.1.4 Ajustes para diseño definitivo

Para solucionar este desequilibrio y debido al funcionamiento del software, se ha optado por no variar las dimensiones de los conductos, ya que este cambio no provoca un efecto positivo sobre el sistema. El software realiza los cálculos partiendo de los caudales asignados en cada una de las unidades terminales y por tanto, al variar la sección no provoca un efecto de estrangulación reduciendo el flujo de aire a través del conducto, favoreciendo el equilibrado como esperaríamos. El único efecto que provoca el cambio de sección es la variación de velocidad del aire en el interior de cada segmento de conducto respetando siempre el caudal fijo que debe llegar a cada unidad terminal. Por tanto, esta opción queda descartada como solución.

Para poder equilibrar el sistema se ha optado por colocar tres obstáculos, pueden ser estos: compuertas de mariposa, persianas, placas perforadas, etc., pero que generan una determinada pérdida de carga favoreciendo el equilibrado del sistema. En este caso concreto la combinación de obstáculos que presenta un mejor compromiso en el equilibrado es colocar un obstáculo que genera una pérdida de carga de 6,6 Pa en la rama intermedia y un obstáculo que genera una pérdida de carga de 3,7 Pa en la rama más cercana al ventilador.

Una vez aplicado este cambio, el sistema todavía queda desequilibrado, esta situación es debida a que el software calcula la instalación asegurando que el nudo más desfavorable, es decir, el que mayores pérdidas sufre en el recorrido desde el ventilador a la unidad terminal, recibe la presión necesaria y lo toma como referencia. Es entonces, cuando sigue calculando el resto de nudos, resultando un sistema con sobrepresiones en los demás nudos.

Para poder salvar este último desajuste, se ha equilibrado el sistema variando el tamaño de las rejillas, para generar una mayor pérdida de carga en las rejillas situadas más cerca del ventilador, las cuales presentan una mayor sobrepresión, y colocando rejillas de mayor tamaño y menor pérdida de carga en los puntos más alejados del ventilador.

#### 5.1.1.5 Resultado presiones

Una vez realizados todos los cambios descritos en el apartado anterior, obtenemos un sistema con la siguiente distribución de presiones.

Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	52,27	-7,67	44,59			
2	36,3	-61,73	-25,44			
3	52,27	-16,35	35,91			
4	41,67	-3,16	38,51			
5	24,58	-9,65	14,92			
6	41,67	-13,91	27,76			
7	26,67	1,51	28,17			
8	24,58	-12,23	12,34			
9	26,67	-6,21	20,46			
10	26,67	-12,46	14,21			
11	26,67	-15,58	11,09	360	7,84	3,25
12	26,23	-14,35	11,88			
13	26,23	-17,74	8,49	360	5,76	2,73

14	24,58	-15,22	9,35			
15	24,58	-18,85	5,72	360	4,16	1,56
16	21,07	-14,39	6,68			
17	21,07	-17,95	3,12	360	2,72	0,4
18	15	-10,8	4,2			
19	15	-13,78	1,22	360	0,88	0,34
20	3,75	-2,67	1,08			
21	3,75	-3,51	0,24	360	0,24	0*
22	24,58	-21,01	3,57	360	2,72	0,85
23	21,07	-16,54	4,53			
24	21,07	-19,06	2,01	360	1,76	0,25
25	15	-11,91	3,09			
26	15	-14,02	0,98	360	0,88	0,1
27	3,75	-2,91	0,84			
28	3,75	-3,5	0,25	360	0,24	0,01
29	24,58	-16,13	8,45	360	7,84	0,61
30	13,82	-4,15	9,68			
31	13,82	-6,01	7,82	360	5,76	2,06
32	9,36	-0,8	8,56			
33	9,36	-2,27	7,1	360	4,16	2,94
34	3,75	3,66	7,41			
35	3,75	2,93	6,68	360	0,88	5,8
36	36,3	-61,73	-25,44	-5.040	-25,44	0*
37	26,67	-0,73	25,93			
38	26,67	-0,73	25,93			
39	24,58	-19,84	4,74			
40	24,58	-13,24	11,34			
41	24,58	-14,89	9,69			
42	24,58	-11,19	13,39			

Tabla 5.3. Distribución de presiones sistema de impulsión equilibrado.

Como se puede observar, si comparamos la tabla 5.3 con la tabla 5.2, el sistema presenta un mayor grado de equilibrio. Si bien es verdad que el equilibrado no es perfecto, es el resultado que presenta un mayor compromiso entre todas las variables que influyen en los cálculos del software.

Es imposible obtener un sistema totalmente equilibrado o cuyas diferencias de presión en los nudos sea 0 sin utilizar compuertas de equilibrado, las cuales se colocan tras cada una de las rejillas y se pueden ajustar para crear una pérdida de presión concreta, generando un sistema equilibrado totalmente. Esta opción se podría considerar, pero genera un aumento en el coste de la instalación ya que solo en este circuito serían necesarias catorce compuertas.

Tras el proceso de equilibrado, podemos concluir que con las variaciones de presiones presentes en el sistema final, se podría proceder a la construcción de dicho sistema garantizando el correcto funcionamiento del mismo, ya que gran parte de los nudos se encuentran dentro del 15% de tolerancia para el equilibrado. E incluso en los procesos de montaje y puesta en marcha de la instalación se podrían corregir totalmente estas mínimas variaciones de presión.

#### 5.1.1.6 Resultado conductos

En la siguiente tabla, se detallan los nudos de entrada y salida de cada conducto, la longitud, el material y la rugosidad, el caudal que circula por cada uno de ellos, dimensiones de la sección, velocidad del aire en su interior y las pérdidas generadas en cada tramo. A parte de los conductos, también aparecen los accesorios utilizados para describir el trazado de la instalación. Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Línea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	W x H (mm)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
1	1	2		Ventilador		-5.040			-70,033
3	3	4		Derivación T		3.600			-2,596
4	3	5		Derivación T		1.440			20,992
2	1	3	3,23	Conducto	Acero Galv./0,1	5.040	500x300	9,33	8,68
6	6	7		Derivación T		2.160			-0,417
7	6	8		Derivación T		1.440			15,417
5	4	6	4,47	Conducto	Acero Galv./0,1	3.600	400x300	8,33	10,753
9	9	10		Codo		2.160			6,249
10	10	11	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	2.160	300x300	6,67	3,117
12	12	13	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	1.800	275x275	6,61	3,394
14	14	15	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	1.440	250x250	6,4	3,631
16	16	17	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	1.080	225x225	5,93	3,558
18	18	19	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	720	200x200	5	2,978
20	20	21	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	360	200x200	2,5	0,836
23	23	24	1,18	Conducto	Acero Galv./0,1	1.080	225x225	5,93	2,514
25	25	26	1,18	Conducto	Acero Galv./0,1	720	200x200	5	2,104
27	27	28	1,18	Conducto	Acero Galv./0,1	360	200x200	2,5	0,591
30	30	31	1,46	Conducto	Acero Galv./0,1	1.080	250x250	4,8	1,858
32	32	33	1,46	Conducto	Acero Galv./0,1	720	225x225	3,95	1,468
34	34	35	1,46	Conducto	Acero Galv./0,1	360	200x200	2,5	0,731
35	2	36	0	Conducto	Acero Galv./0,1	-5.040	600x300	7,78	0,002
36	37	38		Obstáculo		2.160			0
35	7	37	1,2	Conducto	Acero Galv./0,1	2.160	300x300	6,67	2,24
37	38	9	2,94	Conducto	Acero Galv./0,1	2.160	300x300	6,67	5,479
38	39	40		Obstáculo		-1.440			6,6
37	22	39	0,54	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.440	250x250	6,4	1,173
39	40	8	0,46	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.440	250x250	6,4	1,002
40	41	42		Obstáculo		-1.440			3,7
39	29	41	0,57	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.440	250x250	6,4	1,24
41	42	5	0,71	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.440	250x250	6,4	1,535

Tabla 5.4 Resultados conductos

#### 5.1.1.7 Resultado unidades terminales

En la siguiente tabla se detallan las unidades terminales utilizadas en la instalación, en esta se indica el tipo de rejilla utilizada, en este caso, todas son rejillas de simple deflexión horizontal; el caudal que trasiega por cada una de ellas; la pérdida de carga que genera; la velocidad efectiva; el alcance; el nivel de ruido y las dimensiones de la rejilla.

Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Nudo	Tipo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Pt (Pa)	V.ef. (m/s)	Alc (m)	NR (dB)	L x H (mm)
11	Simple Deflex.H	360	7,84	4	6,38	25,2	300x150
13	Simple Deflex.H	360	5,76	3,36	5,94	22,5	350x150

15	Simple Deflex.H	360	4,16	2,88	5,5	19,8	300x200
17	Simple Deflex.H	360	2,72	2,32	4,95	15,3	350x200
19	Simple Deflex.H	360	0,88	1,36	3,74	6,3	600x200
21	Simple Deflex.H	360	0,24	0,72	2,75		1100x200
22	Simple Deflex.H	360	2,72	2,32	4,95	15,3	350x200
24	Simple Deflex.H	360	1,76	1,84	4,4	11,7	450x200
26	Simple Deflex.H	360	0,88	1,36	3,74	6,3	600x200
28	Simple Deflex.H	360	0,24	0,72	2,75		1100x200
29	Simple Deflex.H	360	7,84	4	6,38	25,2	300x150
31	Simple Deflex.H	360	5,76	3,36	5,94	22,5	350x150
33	Simple Deflex.H	360	4,16	2,88	5,5	19,8	300x200
35	Simple Deflex.H	360	0,88	1,36	3,74	6,3	600x200

Tabla 5.5 Resultado unidades terminales

#### 5.1.1.8 Resultado y selección del ventilador.

Los resultados obtenidos, considerando el rendimiento del ventilador 0,45, a través del software para la selección de un ventilador apropiado de un catálogo comercial son:

Presión "P" (Pa) = 110,033

Caudal "Q" (m<sup>3</sup>/h) = 5040

$$\text{Potencia } W = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \eta} = 342$$

Wesp = 244 W/(m<sup>3</sup>/s) Categoría SFP 1

Las unidades de ventilación utilizadas en todas las instalaciones van a ser suministradas por la compañía Sodeca, para la selección de la unidad más apropiada vamos a utilizar una herramienta creada por la misma casa comercial que facilita la selección de las unidades de ventilación.

Este software recibe el nombre de Sodeca QuickFan, el software cuenta con una base de datos en la que aparecen todos los ventiladores que comercializa la compañía, ordenados según los tipos de unidad por familias. Además de la selección de la unidad de ventilación adecuada, el software permite acceder a las fichas técnicas de cada uno de los ventiladores.

Para la selección del ventilador basta con seleccionar el tipo de ventilador que queremos utilizar en nuestra instalación (axial, radial, helicoidales, atex, etc.). Luego seleccionamos la serie que queremos utilizar para nuestra aplicación, la serie indica las características geométricas y los materiales utilizados en la construcción de cada tipo de unidades. En último lugar, se pueden seleccionar características de la unidad de ventilación como son conexiones, velocidades del motor, eficiencia del motor, material de la turbina, etc.

Una vez indicados estos parámetros debemos indicar la presión estática necesaria en la instalación y el caudal que debe impulsar la unidad de ventilación.

En este caso la unidad de ventilación seleccionada es:

Standard	Modelo	Q (m <sup>3</sup> /h)	Pe (Pa)	Velocidad salida aire (m/s)	Velocidad (rpm)	Potencia Mec. Nominal (kW)	Nivel potencia sonora dB(A)	Peso aprox. (kg)
Sí	CB- 2240- 6T IE3	5921,56	151,82	15,52	920	2,20	87	68,0

## 5.1.2 Sistema de extracción

### 5.1.2.1 Sistemas propuestos

El sistema destinado a la extracción en los fosos, al igual que el sistema de impulsión, tiene forma ramificada. Cuenta con tres ramas, una para cada foso, unidas mediante un codo y dos bifurcaciones en forma de “T” a un conducto general que conecta las tres ramas con un ventilador situado en el exterior de la pared oeste. El sistema está formado por conductos colocados en el suelo del foso. Estos están distribuidos de la misma forma y se sitúan justo debajo de los conductos de impulsión. Los conductos son de sección rectangular para facilitar el anclaje de estos en las paredes del foso y aprovechar al máximo el espacio de las esquinas donde están colocados. El sistema cuenta con seis unidades terminales en el foso de mayor tamaño, y otras cuatro en cada uno de los fosos de menor tamaño, destinadas a crear una depresión en la parte inferior del foso, provocando así la captura de los contaminantes acumulados en el fondo de los fosos. El resultado final se puede observar en la figura 5.3.

En un principio se valoró la opción de colocar las rejillas de retícula en el fondo del foso, siguiendo la misma distribución de conductos. De esta forma, el aprovechamiento de espacio habría sido máximo, pero la opción fue descartada debido al riesgo de precipitación de algún objeto extraño o fluido por parte de los operarios situados en el interior del foso o por parte del vehículo estacionado justo encima. Así evitamos situaciones que puedan generar averías en la instalación.

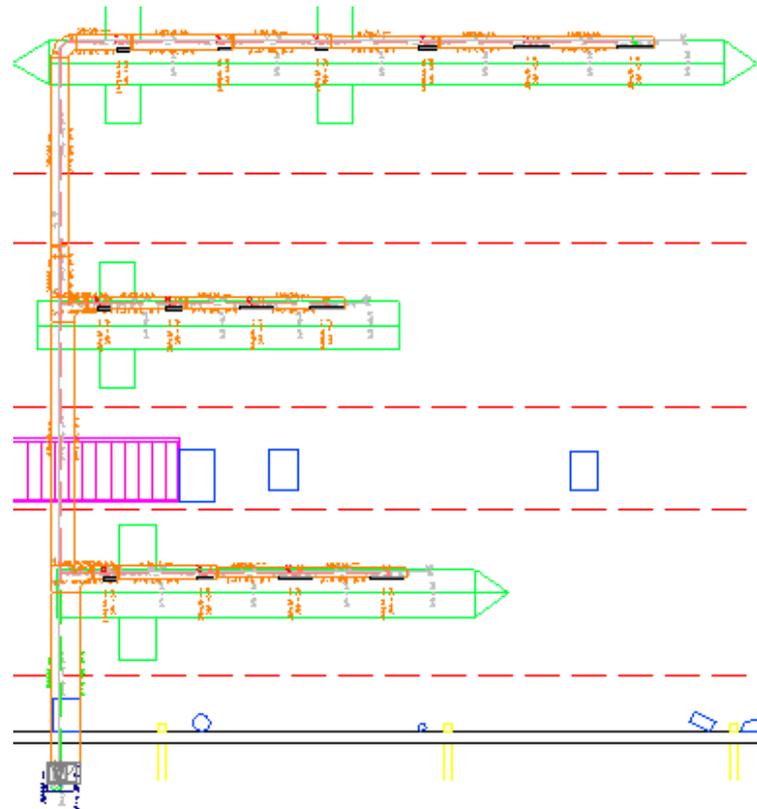


Figura 5.3. Sistema de extracción en fosos.

#### 5.1.2.2 Cálculos y datos de partida para prediseño

Para poder realizar un prediseño con el software hay que estimar los valores de Caudal y un parámetro a elegir entre la pérdida de carga, el nivel de ruido, el alcance o la velocidad efectiva. Estos valores deben ser definidos para poder seleccionar cada una de las unidades terminales del sistema. Además de estos valores, es necesario realizar un esquema, en este caso sobre un plano en planta del trazado que sigue toda la instalación, definiendo las posiciones de los elementos como pueden ser: el ventilador, las unidades terminales y los accesorios necesarios para describir el circuito al completo. También es necesario definir al software el tipo de sección con la que queremos que calcule la instalación, las cotas a las que se sitúa cada elemento del circuito y las velocidades máximas en el interior de los conductos.

En esta instalación concreta se ha procedido de la siguiente forma:

A partir de la tabla 5.6 que ha sido extraída del libro “Industrial Ventilation” referencia bibliográfica [1], hemos estimado la velocidad de captura que deben tener las rejillas de extracción. Esta tabla presenta velocidades apropiadas según el tipo de dispersión del contaminante.

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25-0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado intermitente de recipientes; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5-1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1-2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5-10

Tabla 5.6. Velocidades de captura de contaminantes.

En nuestro caso, al situarse el foco de contaminantes a extraer en la parte más baja del foso, una zona sin exposición a corrientes de aire ni procesos que generen una mayor dispersión del contaminante, podemos utilizar un rango de velocidades entre 0,25 m/s hasta 0,5 m/s. En este caso, para asegurarnos de la eliminación de los contaminantes utilizaremos la mayor posible,  $v=0,5$  m/s, para realizar el cálculo del prediseño.

Para el sistema de extracción vamos a utilizar un caudal de  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ , que es un caudal un poco menor al utilizado en la impulsión, pero facilita el proceso de equilibrado, que en este caso particular no es tan efectivo como en el sistema de impulsión y además cumple con la normativa como se demuestra a continuación.

Si tenemos en cuenta la norma DIN 1946 que indica el número de renovaciones por hora según el tipo de local como vemos en la tabla 5.7.

Tipo de local	NRH	Tipo de local	NRH
Naves industriales con hornos y baños	30 ÷ 60	Cines	10 ÷ 20
Talleres de pintura	40 ÷ 60	Teatros	10 ÷ 15
Talleres de mecanizado	5 ÷ 10	Iglesias	1 ÷ 2
Oficinas de bancos	3 ÷ 4	Fábricas en general	5 ÷ 10
Lavanderías	20 ÷ 30	Fundiciones	20 ÷ 30
Panaderías	25 ÷ 35	Garajes	6 ÷ 8
Oficinas generales	5	Salas de juntas	5 ÷ 10
Oficinas privadas	5 ÷ 10	Hospitales	4 ÷ 6
Bar de hotel	5 ÷ 8	Laboratorios	5 ÷ 10
Café	10 ÷ 12	Lavabos	10 ÷ 15
Cafeterías y Snacks	15 ÷ 18	Gallineros	6 ÷ 10
Cantinas	4 ÷ 6	Escuelas, aulas	2 ÷ 3
Tabernas	5 ÷ 10	Clubs	8 ÷ 10
Restaurantes medios	6 ÷ 10	Salas de juego	10 ÷ 15
Restaurantes lujosos	5 ÷ 8	Salas de baile	6 ÷ 8
Cocinas domésticas	10 ÷ 15	Tintorerías	20 ÷ 30
Cocinas industriales	15 ÷ 20		

Tabla 5.7. Renovaciones por hora según el tipo de local.

Si realizamos los cálculos para obtener el NRH en los fosos de nuestra instalación obtenemos los siguientes resultados.

En primer lugar, necesitamos calcular el volumen de los fosos con una relación  $V_1 = l * w * h$  siendo  $l$  la longitud del foso,  $w$  el ancho y  $h$  la profundidad.

- El foso 1 cuenta con unas dimensiones de 7,5 m de largo, 0,85 m de ancho y 1,90 m de altura, obteniendo así un volumen  $V_1=12,11 \text{ m}^3$ .
- El foso 2 cuenta con unas dimensiones de 6,5 m de largo, 0,90 m de ancho y 1,90 m de profundidad, obteniendo un volumen de  $V_1=11,11 \text{ m}^3$ .
- El foso 3 tiene unas dimensiones de 12 m de largo, 0,90 m de ancho y 1,90 m de profundidad, el volumen obtenido es de  $V_1=20,52 \text{ m}^3$ .

Ahora se calcula el NRH “numero de renovaciones por hora” de la siguiente forma  $NRH = \frac{n \cdot Q}{V_1}$  siendo  $n$  el número de rejillas instaladas en cada foso,  $Q$  el caudal unitario de cada rejilla en  $\text{m}^3/\text{h}$  y  $V_1$  el volumen en  $\text{m}^3$  de cada uno de los fosos. Con esta ecuación obtenemos el siguiente resultado.

- $NRH \text{ foso 1} = 4 \times 300 / 12,11 = 99,10$
- $NRH \text{ foso 2} = 4 \times 300 / 11,11 = 108,01$
- $NRH \text{ foso 3} = 6 \times 300 / 20,52 = 87,71$

Los resultados obtenidos para el NRH son bastante satisfactorios, ya que incluso duplican a los valores para los casos más desfavorables presentes en la tabla 5.7 como pueden ser procesos de pintura donde se generan una mayor concentración de contaminantes y mucho más nocivos para la salud de los trabajadores.

Del libro “Industrial Ventilation” referencia bibliográfica [1], podemos obtener la tabla 5.8 que relaciona la velocidad en el interior de los conductos con la naturaleza del contaminante que transporta el aire sucio.

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorreado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

Tabla 5.8. Velocidades en conductos de extracción.

Teniendo en cuenta estos valores, hemos optado por una velocidad máxima en los conductos de  $v=10\text{m/s}$  para evitar cualquier tipo de sedimentación en el interior de los conductos y cumpliendo con las recomendaciones para evitar así niveles sonoros superiores a los establecidos.

Los conductos han sido seleccionados con una sección rectangular, para facilitar el montaje de la instalación y aprovechar al máximo el espacio disponible dentro del foso.

Las unidades terminales seleccionadas son rejillas de tipo retícula, bastante utilizadas en aplicaciones destinadas a extracción, ya que en este caso no es necesario orientar el flujo de aire hacia ningún foco. Las rejillas son seleccionadas de una base de datos interna del software, en nuestro caso hemos optado por el fabricante Koolair.

El software utiliza en sus cálculos las propiedades del aire a una temperatura de  $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo estas.

Densidad:  $1,2\text{ Kg/m}^3$  y Viscosidad absoluta:  $0,00001819\text{ Kg/m.s}$

### 5.1.2.3 Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño

Para poder evaluar el correcto y eficiente funcionamiento del sistema vamos a analizar los resultados para los valores de las presiones en los diferentes puntos del circuito de extracción, son los siguientes.

Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	36,3	0,19	36,49			
2	36,3	-115,54	-79,25			
3	36,3	-109,37	-73,07			
4	28,94	-91,8	-62,87			
5	17,07	-92,19	-75,12			
6	28,94	-84,17	-55,23			
7	18,52	-66,52	-48			
8	26,01	-75,61	-49,59			
9	18,52	-60,86	-42,34			
10	18,52	-56,21	-37,69			
11	18,52	-53,94	-35,42	-300	-1,18	-34,24 (!)
12	18,21	-48,95	-30,74			
13	18,21	-46,62	-28,4	-300	-1,18	-27,22 (!)
14	17,07	-40,28	-23,21			
15	17,07	-37,86	-20,79	-300	-1,18	-19,61 (!)
16	14,63	-29,73	-15,1			
17	14,63	-27,15	-12,52	-300	-1,18	-11,34 (!)
18	10,42	-17,35	-6,93			
19	10,42	-15,23	-4,81	-300	-1,18	-3,63 (!)
20	2,6	-4,41	-1,81			
21	2,6	-3,78	-1,18	-300	-1,18	0*
22	26,01	-69,59	-43,58	-300	-1,18	-42,4 (!)
23	14,63	-49,54	-34,91			
24	14,63	-47,93	-33,3	-300	-1,18	-32,12 (!)
25	10,42	-38,13	-27,71			
26	10,42	-36,48	-26,07	-300	-1,18	-24,89 (!)
27	2,6	-25,67	-23,07			
28	2,6	-25,26	-22,66	-300	-1,18	-21,48 (!)
29	17,07	-88,55	-71,49	-300	-1,18	-70,31 (!)
30	14,63	-80,43	-65,8			
31	14,63	-78,12	-63,49	-300	-1,18	-62,31 (!)
32	10,42	-68,32	-57,9			
33	10,42	-66,52	-56,11	-300	-1,18	-54,93 (!)
34	2,6	-55,71	-53,11			
35	2,6	-55,15	-52,54	-300	-1,18	-51,36 (!)
36	36,3	0	36,3	4.200	36,3	0*
37	18,52	-65,52	-47			
38	18,52	-65,52	-47			
39	26,01	-74,55	-48,53			
40	26,01	-74,55	-48,53			
41	17,07	-91,51	-74,44			
42	17,07	-91,51	-74,44			

Tabla 5.9. Distribución de presiones sistema de extracción desequilibrado.

Como podemos observar en la tabla 5.9, el sistema prediseñado presenta un gran desequilibrio. En la última columna, podemos ver las diferencias de presión entre la presión total de cada nudo y la presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema. En este caso, las diferencias son mucho mayores que en circuito de impulsión, pero con las medidas del siguiente apartado se va a tratar de corregir en lo posible este defecto.

#### 5.1.2.4 Ajustes para diseño definitivo

Para solucionar este desequilibrio y debido al funcionamiento del software, se ha optado por no variar las dimensiones de los conductos, ya que este cambio no provoca un efecto positivo sobre el sistema. El software realiza los cálculos partiendo de los caudales asignados en cada una de las unidades terminales y por tanto, al variar la sección no provoca un efecto de estrangulación reduciendo el flujo de aire a través del conducto, favoreciendo el equilibrado como esperaríamos. El único efecto que provoca el cambio de sección es la variación de velocidad del aire en el interior de cada segmento de conducto respetando siempre el caudal fijo que debe llegar a cada unidad terminal. Por tanto, esta opción queda descartada como solución.

Para poder equilibrar el sistema se ha optado por colocar tres obstáculos, ya pueden ser estos, compuertas de mariposa, persianas, placas perforadas, etc., de la misma forma que fueron colocados en el sistema de impulsión. Estos obstáculos generan una pérdida de carga en las ramas donde están colocados que favorece el equilibrado del sistema. En este sistema mayor equilibrado, se produce colocando un obstáculo que genera una pérdida de 21,4 Pa en la rama intermedia y otro obstáculo que genera una pérdida de 51,3 Pa en la rama más próxima al ventilador.

Este proceso se lleva a cabo de esta forma debido a que el punto más desfavorable de la instalación prediseñada, en término de pérdidas, es el nudo más alejado del ventilador. La rama de la instalación donde se sitúa este nudo no se puede equilibrar mediante la estrangulación del flujo con un obstáculo, ya que el software incrementaría la presión del ventilador para llegar a este mismo nudo con presión 0 y superar la pérdida de carga del obstáculo, generando un aumento de presiones en el resto de ramas. Por tanto, este proceso solo sirve para estrangular el flujo en las ramas donde no se encuentra el punto más desfavorable.

Para poder salvar este último desajuste se ha equilibrado el sistema variando el tamaño de las rejillas, de esta forma, se varía la pérdida de carga necesaria en los nudos que pertenecen a la rama del nudo más desfavorable y se ajustan un poco más el resto de ramas. Las rejillas más alejadas del ventilador serán de mayor tamaño y por tanto, presentarán una menor pérdida de carga; las que se encuentran más cerca del ventilador serán de menor tamaño generando una mayor pérdida de carga.

Es cierto que al reducir el tamaño de la rejilla y manteniendo el mismo caudal, la velocidad del flujo a través de la unidad aumenta, pero en este caso no supone un problema, ya que a mayor velocidad más eficaz resultará el sistema en su propósito de captura de los contaminantes.

#### 5.1.2.5 Resultado presiones

Una vez realizados todos los cambios descritos en el apartado anterior obtenemos un sistema con la siguiente distribución de presiones.

Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	36,3	0,19	36,49			
2	36,3	-115,54	-79,25			
3	36,3	-109,37	-73,07			
4	28,94	-91,8	-62,87			
5	17,07	-92,19	-75,12			
6	28,94	-84,17	-55,23			
7	18,52	-66,52	-48			
8	26,01	-75,61	-49,59			
9	18,52	-60,86	-42,34			
10	18,52	-56,21	-37,69			
11	18,52	-53,94	-35,42	-300	-12,88	-22,54
12	18,21	-48,95	-30,74			
13	18,21	-46,62	-28,4	-300	-12,88	-15,52
14	17,07	-40,28	-23,21			
15	17,07	-37,86	-20,79	-300	-12,88	-7,91
16	14,63	-29,73	-15,1			
17	14,63	-27,15	-12,52	-300	-5,23	-7,29
18	10,42	-17,35	-6,93			
19	10,42	-15,23	-4,81	-300	-1,18	-3,63
20	2,6	-4,41	-1,81			
21	2,6	-3,78	-1,18	-300	-1,18	0*
22	26,01	-48,19	-22,18	-300	-12,88	-9,3
23	14,63	-28,14	-13,51			
24	14,63	-26,53	-11,9	-300	-5,23	-6,67
25	10,42	-16,73	-6,31			
26	10,42	-15,08	-4,67	-300	-1,18	-3,49
27	2,6	-4,27	-1,67			
28	2,6	-3,86	-1,26	-300	-1,18	-0,08
29	17,07	-37,25	-20,19	-300	-12,88	-7,31
30	14,63	-29,13	-14,5			
31	14,63	-26,82	-12,19	-300	-5,23	-6,96
32	10,42	-17,02	-6,6			
33	10,42	-15,22	-4,81	-300	-1,18	-3,63
34	2,6	-4,41	-1,81			
35	2,6	-3,85	-1,24	-300	-1,18	-0,06
36	36,3	0	36,3	4.200	36,3	0*
37	18,52	-65,52	-47			
38	18,52	-65,52	-47			
39	26,01	-53,15	-27,13			
40	26,01	-74,55	-48,53			
41	17,07	-40,21	-23,14			
42	17,07	-91,51	-74,44			

Tabla 5.10. Distribución de presiones sistema de extracción equilibrado.

Si comparamos la tabla 5.10 con la tabla 5.9 podemos observar que el sistema se ha equilibrado bastante, por ejemplo, en el nudo 29 hemos pasado de tener una diferencia de presiones de 70,31 Pa a 7,31 Pa. Si bien es verdad, este proceso no ha resultado tan efectivo como en el caso del circuito de impulsión, ya que las variaciones de presión iniciales eran demasiado elevadas.

Para este sistema sí que sería necesario incorporar compuertas de regulación en las rejillas situadas en los nudos 11 y 13 ya que presentan variaciones más elevadas a la media y provocarían un funcionamiento incorrecto de todo el conjunto.

Una vez colocadas estas dos compuertas de regulación y teniendo en cuenta los valores de las diferencias de presiones que provocan el desequilibrio, el sistema podría operar en condiciones próximas a las de máxima eficiencia.

En caso de ser necesario, se podrían instalar compuertas de regulación en las once unidades terminales que no cumplen con las tolerancias de equilibrado del 15 %, pero supondría un mayor coste de la instalación.

#### 5.1.2.6 Resultado conductos

En la siguiente tabla, se detallan los nudos de entrada y salida de cada conducto, la longitud, el material y la rugosidad, el caudal que circula por cada uno de ellos, dimensiones de la sección, velocidad del aire en su interior y las pérdidas generadas en cada tramo. A parte de los conductos, también aparecen los accesorios utilizados para describir el trazado de la instalación. Para poder interpretar correctamente la tabla, se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Línea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Caudal (m³/h)	W x H (mm)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
2	1	2		Ventilador		-4.200			-115,732
3	3	4		Derivación T		-3.000			10,204
4	3	5		Derivación T		-1.200			-2,054
2	2	3	3,25	Conducto	Acero Galv./0,1	-4.200	500x300	7,78	6,174
6	6	7		Derivación T		-1.800			7,234
7	6	8		Derivación T		-1.200			5,638
5	4	6	4,47	Conducto	Acero Galv./0,1	-3.000	400x300	6,94	7,634
9	9	10		Codo		-1.800			4,647
10	10	11	1,71	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.800	300x300	5,56	2,27
12	12	13	1,61	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.500	275x275	5,51	2,335
14	14	15	1,56	Conducto	Acero Galv./0,1	-1.200	250x250	5,33	2,42
16	16	17	1,7	Conducto	Acero Galv./0,1	-900	225x225	4,94	2,58
18	18	19	1,67	Conducto	Acero Galv./0,1	-600	200x200	4,17	2,121
20	20	21	1,75	Conducto	Acero Galv./0,1	-300	200x200	2,08	0,63
23	23	24	1,06	Conducto	Acero Galv./0,1	-900	225x225	4,94	1,609
25	25	26	1,29	Conducto	Acero Galv./0,1	-600	200x200	4,17	1,642
27	27	28	1,14	Conducto	Acero Galv./0,1	-300	200x200	2,08	0,411
30	30	31	1,52	Conducto	Acero Galv./0,1	-900	225x225	4,94	2,307
32	32	33	1,41	Conducto	Acero Galv./0,1	-600	200x200	4,17	1,795
34	34	35	1,56	Conducto	Acero Galv./0,1	-300	200x200	2,08	0,563
35	1	36	0,1	Conducto	Acero Galv./0,1	4.200	500x300	7,78	0,19
36	37	38		Obstáculo		1.800			0
35	9	37	3,51	Conducto	Acero Galv./0,1	1.800	300x300	5,56	4,663
37	38	7	0,75	Conducto	Acero Galv./0,1	1.800	300x300	5,56	0,995
38	39	40		Obstáculo		1.200			21,4
37	22	39	1,91	Conducto	Acero Galv./0,1	1.200	225x225	6,58	4,955
39	40	8	0,41	Conducto	Acero Galv./0,1	1.200	225x225	6,58	1,06

40	41	42		Obstáculo		1.200			51,3
39	29	41	1,91	Conducto	Acero Galv./0,1	1.200	250x250	5,33	2,957
41	42	5	0,44	Conducto	Acero Galv./0,1	1.200	250x250	5,33	0,68

Tabla 5.11. Resultados conductos.

#### 5.1.2.7 Resultado unidades terminales

En la siguiente tabla se detallan las unidades terminales utilizadas en la instalación. En esta se indica el tipo de rejilla utilizada, en este caso todas son rejillas de retícula; el caudal que circula por cada una de ellas; la pérdida de carga que generada; la velocidad efectiva y las dimensiones de la rejilla.

Para poder interpretar correctamente la tabla se puede visualizar la instalación en el anexo de planos.

Nudo	Tipo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Pt (Pa)	V.ef. (m/s)	L x H (mm)
12	Retícula	300	12,88	2,7	200x200
14	Retícula	300	12,88	2,7	200x200
16	Retícula	300	12,88	2,7	200x200
18	Retícula	300	5,23	1,7	300x200
20	Retícula	300	1,18	0,8	600x200
21	Retícula	300	1,18	0,8	600x200
23	Retícula	300	12,88	2,7	200x200
25	Retícula	300	5,23	1,7	300x200
27	Retícula	300	1,18	0,8	600x200
28	Retícula	300	1,18	0,8	600x200
30	Retícula	300	12,88	2,7	200x200
32	Retícula	300	5,23	1,7	300x200
34	Retícula	300	1,18	0,8	600x200
35	Retícula	300	1,18	0,8	600x200

Tabla 5.12. Resultado unidades terminales.

#### 5.1.2.8 Resultado y selección del ventilador.

Los resultados obtenidos, considerando un rendimiento del ventilador de 0,45, a través del software para la selección de un ventilador apropiado de un catálogo comercial son.

Presión "P" (Pa) = 155,732

Caudal "Q" (m<sup>3</sup>/h) = 4200

Potencia  $W = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \eta} = 404$

Wesp = 346 W/(m<sup>3</sup>/s) Categoría SFP 1

Las unidades de ventilación utilizadas en todas las instalaciones van a ser suministradas por la compañía Sodeca. Para la selección de la unidad más apropiada vamos a utilizar una

herramienta creada por la misma casa comercial que facilita la selección de las unidades de ventilación.

Este software recibe el nombre de Sodeca QuickFan, el software cuenta con una base de datos en la que aparecen todos los ventiladores que comercializa la compañía, ordenados según los tipos de unidad por familias, además de la selección de la unidad de ventilación adecuada, el software permite acceder a las fichas técnicas de cada uno de los ventiladores.

Para la selección del ventilador, basta con seleccionar el tipo de ventilador que queremos utilizar en nuestra instalación (axial, radial, helicoidales, atex, etc.). Luego seleccionamos la serie que queremos utilizar para nuestra aplicación, la serie indica las características geométricas y los materiales utilizados en la construcción de cada tipo de unidades. En último lugar, se pueden seleccionar características de la unidad de ventilación como son conexiones, velocidades del motor, eficiencia del motor, material de la turbina, etc.

Una vez indicados estos parámetros, debemos indicar la presión estática necesaria en la instalación y el caudal que debe impulsar la unidad de ventilación.

En este caso la unidad de ventilación seleccionada es:

Standard	Modelo	Q (m <sup>3</sup> /h)	Pe (Pa)	Velocidad salida aire (m/s)	Velocidad (rpm)	Potencia Mec. Nominal (kW)	Nivel potencia sonora dB(A)	Peso aprox. (kg)
Sí	CMP- 1128- 4T / ATEX / EXII2G EX E	4682,23	193,62	24,54	1410	2,20	85	37,0

La normativa no exige utilizar unidades de ventilación tipo ATEX, pero para esta aplicación se han considerado debido a que los gases de extraídos de la parte inferior de los fosos pueden contener una concentración rica en hidrocarburos con el consiguiente riesgo de explosión.

## 5.2 Sistema de ventilación push-pull

El sistema push-pull es de aplicación para barrer grandes superficies, en este tipo de sistemas, un circuito de impulsión se sitúa enfrente al circuito de extracción. De esta forma, la turbulencia generada por el circuito de impulsión arrastra a los contaminantes situados en la zona intermedia de las dos instalaciones hacia las unidades de extracción. En la siguiente figura, se puede ver un esquema del funcionamiento general de una instalación push-pull.

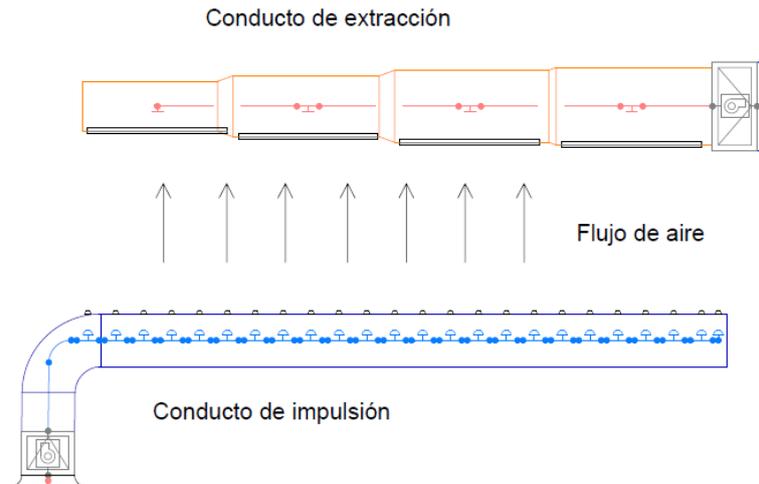


Figura 5.4. Esquema de un sistema push-pull.

Se ha optado por este tipo de sistema debido a tres factores:

- El primero de ellos, es la gran agitación y dispersión que presentan los contaminantes emitidos por el vehículo durante las pruebas de emisión de gases, en las cuales se revoluciona el motor hasta las 3000-3500 rpm. El uso de un chorro de aire que barre los contaminantes hacia la extracción facilita la captura dirigiendo los contaminantes hacia la extracción.
- Además, este sistema reduce los caudales de extracción. Esto es debido a que el barrido que realiza el chorro de impulsión sobre los contaminantes, dirigiendo estos hacia la extracción, suponiendo así una reducción de costes de la instalación, obteniendo conductos de menores dimensiones y ventiladores de menor potencia. Esto es debido a que en las ecuaciones que calculan el caudal de extracción, la distancia es un parámetro que se encuentra multiplicando al cuadrado, y por lo tanto, acercar el contaminante al punto de extracción supone un gran ahorro. Estas ecuaciones son del tipo  $Q_{ASP} = V_{ASP} * (10 * x^2 + A)$  siendo  $x$  la distancia en metros.
- Otra ventaja que presenta este sistema, es la distribución de conductos, ya que es capaz de barrer áreas de gran tamaño pero con la ventaja de no invadir los carriles por donde circulan los vehículos.

El sistema push-pull estará colocado en la zona donde se realizan las pruebas de emisiones de los vehículos, evitando de esta forma la acumulación de los gases contaminantes generados en el proceso de combustión de los automóviles.

Este sistema solo estará colocado en la "línea 1" y "línea 2" de inspección, es decir, en los dos carriles situados más cerca de la pared oeste y que están destinados a la inspección de vehículos más ligeros y de menor tamaño. En caso de ser necesario se puede consultar el anexo de planos para situar correctamente la instalación.

En el caso de los vehículos más pesados, es decir, camiones, autobuses, vehículos agrícolas, etc., este sistema ha sido descartado, esto es debido a la gran diversidad de sistemas de escape que utilizan dichos vehículos, pudiendo estar estos situados en posiciones laterales del vehículo, en la parte trasera e incluso en forma vertical. Por tanto, para estas condiciones no

sería rentable utilizar un sistema de este tipo, por cuestiones de tamaño y se ha optado por una solución descrita en próximos apartados.

A continuación, se describen y detallan los sistemas mencionados.

## 5.2.1 Sistema de impulsión

### 5.2.1.1 Sistema propuesto

El sistema de impulsión existe por duplicado. Como se ha mencionado anteriormente, ese sistema se utiliza en las “líneas” de inspección 1 y 2, por lo tanto, para cada una de ellas existe un conducto de impulsión. El sistema se extenderá sobre una superficie de longitud de 5 metros y una anchura de 4 metros, generando así una zona de barrido bastante amplia y asegurando la eliminación de contaminantes indiferentemente del tamaño del vehículo.

En el caso de la “línea 1”, el sistema de impulsión está colocado en la esquina sudoeste, y está colocado de tal forma que el ventilador se sitúa en el exterior de la pared oeste y se conecta a través de un codo con el colector, en el cual, están colocadas las toberas esféricas destinadas a la impulsión de chorros de aire. El colector es de sección circular y tiene una longitud total de 5 metros y cuenta con un total de veinticuatro boquillas de impulsión de diámetro 55 mm. El sistema está colocado en el espacio libre entre la pared oeste y la zona por la que circulan los vehículos. En la figura 5.5 se puede observar cómo queda la configuración final del sistema.

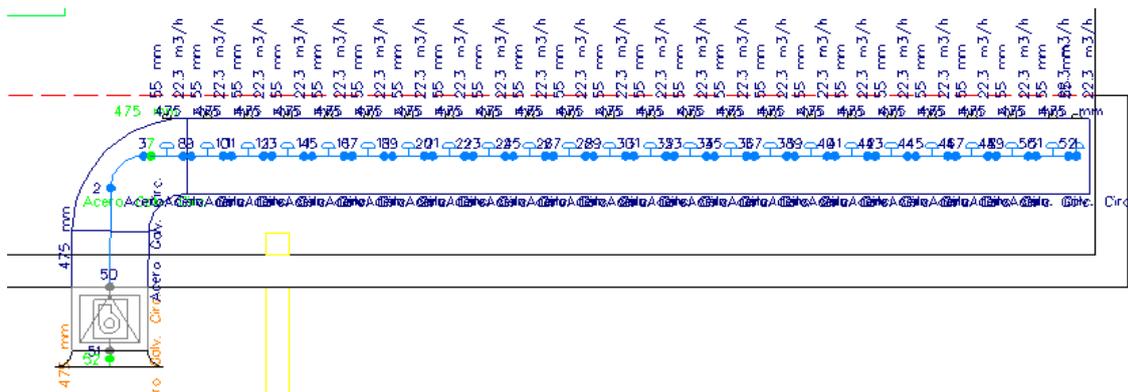


Figura 5.5. Sistema de impulsión “línea 1”.

El sistema destinado a la impulsión utilizado en la “línea 2”, se sitúa en el espacio libre de la circulación de vehículos que existe entre la “línea 2” y la “línea 3”. Este sistema está formado por un colector circular de longitud 5 metros y cuenta con veinticuatro toberas esféricas para la salida del aire de impulsión de 55mm de diámetro. En este caso, el ventilador está colocado en el espacio que existe entre las puertas de entrada 2 y 3, situadas en la fachada sur del edificio. En la figura 5.6 se puede ver dicho sistema.

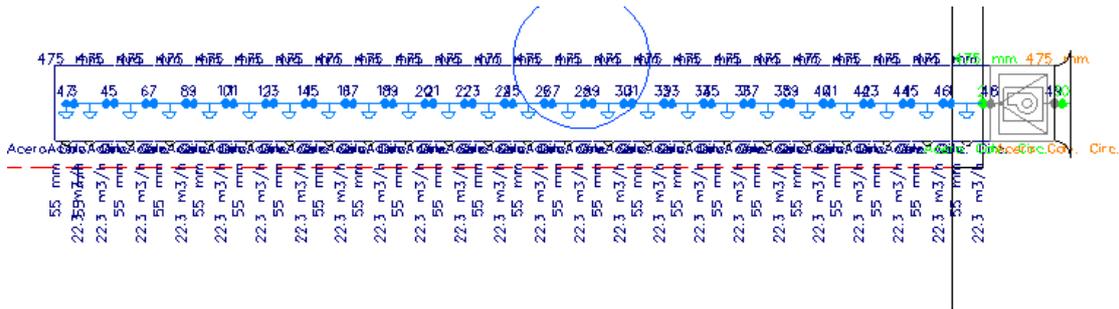


Figura 5.6. Sistema de impulsión “línea 2”.

### 5.2.1.2 Cálculos y datos de partida para prediseño

El primer paso es definir el área sobre la que este sistema va a actuar.

Resulta sencillo definir el ancho de la zona de actuación, pues la zona por la que circulan los vehículos en la “línea 1” y “línea 2” es de 3 metros de ancho, el mismo que tienen las puertas de entrada. A este ancho de 3 metros se le ha añadido 1 metro extra para poder situar los equipos de impulsión y extracción en la zona externa a la de circulación. Por tanto, resulta un ancho total de 4 metros.

Para definir la longitud de la instalación se ha creado una base de datos en Excel con las dimensiones de gran diversidad de vehículos presentes en el mercado actual. Estos datos se encuentran en el anexo 1.

Como resultado de la tabla del anexo 1, tenemos una longitud máxima de 5680 mm y una longitud mínima de 2695 mm. Si tenemos en cuenta que el escape de los vehículos está situado en la zona trasera, nos basta con una instalación que genere un barrido desde la zona de la rueda delantera hasta la parte trasera del coche. Por lo tanto, se ha considerado una longitud final para la instalación de 5 metros. Se puede observar en la tabla, que la mayoría de los vehículos entran casi por completo dentro de la zona de barrido de la instalación. De esta forma, también se produciría el barrido de los contaminantes en el caso que el sistema de escape del vehículo presente fugas antes de llegar a su salida.

Finalmente, nos queda un área de actuación del sistema push-pull de 5 metros de longitud y 4 metros de ancho.

En siguiente lugar, se han definido las unidades de impulsión, es decir, las boquillas por las que saldrá el aire para generar el barrido de contaminantes. En este apartado, se han inspeccionado bastantes catálogos comerciales de diversos tipos de salidas. Finalmente, se ha optado por utilizar toberas esféricas de largo alcance del fabricante Koolair y se han introducido los parámetros desde el catálogo al software en la base de datos. Se han tomado las salidas de diámetro 55mm para realizar los cálculos.

Para estimar las variables del sistema prediseñado se ha utilizado como referencia el libro “Industrial Ventilation” referencia bibliográfica [1]. En el capítulo 13 de dicho libro, se describen sistemas de tipo push-pull, que aunque en ese texto se utilizan para aplicaciones diferentes, permiten estimar muy bien las variables que influyen en un sistema de este tipo. Las ecuaciones utilizadas están en el sistema anglosajón. Los cálculos se detallan a continuación:

El primer parámetro a tener en cuenta es el diámetro del orificio de impulsión, en nuestro caso,  $D_0 = 55 \text{ mm} = 2,1654 \text{ ''}$ . Este parámetro tiene este valor debido a que se parte de diámetros comerciales, para trabajar con valores que existen realmente en el mercado. Se utilizó un catálogo de la marca Koolair.

La cantidad de movimiento ( $KM_0$ ) se calcula de la siguiente forma  $KM_0 = 12291 * x$ , siendo  $x$  en este caso el ancho de nuestra instalación en pies, es decir,  $x = 4 \text{ m} = 13,1234 \text{ ft}$  por tanto el momento cinético resultante  $KM_0 = 161299,71$ .

El área total de los orificios ( $A_0$ ) se calcula  $A_0 = 0,00545 * n_0 * D_0^2$  siendo  $n_0$  el número de orificios de nuestra instalación  $n_0 = 24$  y  $D_0$  el diámetro de los orificios de salida en pulgadas  $D_0 = 55 \text{ mm} = 2,1654 \text{ ''}$  por tanto  $A_0 = 0,6133 \text{ ft}^2$ .

La velocidad de salida del flujo de aire ( $V_0$ ) se calcula mediante la ecuación  $V_0 = \sqrt{\frac{KM_0}{A_0}}$  resultando  $V_0 = 512,8316 \text{ fpm}$  (feet per minute) = 2,6052 m/s.

El caudal total de salida  $Q_0 = \frac{KM_0}{V_0} = 314,528 \text{ cfm}$  (cubic feet per minute) = 534,3865 m<sup>3</sup>/s.

El diámetro del colector ( $D_m$ ) se calcula  $D_m = 23,5 * \sqrt{A_0} = 18,404 \text{ ''} = 0,4675 \text{ m}$ .

El caudal unitario de cada boquilla será  $Q_t = \frac{Q_0}{n_0} = 22,266 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Una vez conocemos todos estos parámetros se procede a la introducción de ellos en el software de cálculo.

### 5.2.1.3 Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño

En esta tabla exportada desde el archivo de resultados generados por el software, podemos calificar como satisfactorio el resultado para los sistemas de impulsión de la "línea 1" y "línea 2", ya que si observamos la última columna vemos unas variaciones de presión dentro del 15% de tolerancia para el equilibrado. Por tanto, el sistema funciona perfectamente.

En caso de ser necesario se puede consultar el anexo de planos para situar correctamente los nudos en la instalación.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m3/h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	0	37,12	37,12	22,3	37	0,12
2	0,42	36,67	37,09			
3	0,42	36,58	37			
7	0,42	36,58	37	22,3	37	0*
8	0,39	36,63	37,01			
9	0,39	36,63	37,01	22,3	37	0,01
10	0,35	36,67	37,03			
11	0,35	36,67	37,03	22,3	37	0,03
12	0,32	36,72	37,04			
13	0,32	36,71	37,04	22,3	37	0,04
14	0,29	36,76	37,05			
15	0,29	36,75	37,05	22,3	37	0,05
16	0,26	36,79	37,06			
17	0,26	36,79	37,06	22,3	37	0,06
18	0,24	36,83	37,07			
19	0,24	36,83	37,07	22,3	37	0,07
20	0,21	36,86	37,08			
21	0,21	36,86	37,07	22,3	37	0,07
22	0,19	36,9	37,08			
23	0,19	36,89	37,08	22,3	37	0,08
24	0,16	36,92	37,09			

25	0,16	36,92	37,09	22,3	37	0,09
26	0,14	36,95	37,1			
27	0,14	36,95	37,09	22,3	37	0,09
28	0,12	36,98	37,1			
29	0,12	36,98	37,1	22,3	37	0,1
30	0,11	37	37,1			
31	0,11	37	37,1	22,3	37	0,1
32	0,09	37,02	37,11			
33	0,09	37,02	37,11	22,3	37	0,11
34	0,07	37,04	37,11			
35	0,07	37,04	37,11	22,3	37	0,11
36	0,06	37,06	37,12			
37	0,06	37,06	37,11	22,3	37	0,11
38	0,05	37,07	37,12			
39	0,05	37,07	37,12	22,3	37	0,12
40	0,04	37,08	37,12			
41	0,04	37,08	37,12	22,3	37	0,12
42	0,03	37,09	37,12			
43	0,03	37,09	37,12	22,3	37	0,12
44	0,02	37,1	37,12			
45	0,02	37,1	37,12	22,3	37	0,12
46	0,01	37,11	37,12			
47	0,01	37,11	37,12	22,3	37	0,12
48	0,01	37,12	37,12			
49	0,01	37,12	37,12	22,3	37	0,12
50	0	37,12	37,12			
51	0	37,12	37,12	22,3	37	0,12
52	0	37,12	37,12			
50	0,42	36,69	37,11			
51	0,42	-0,8	-0,38			
52	0,42	-0,8	-0,38	-535,2	-0,38	0*

Tabla 5.13. Resultados de presiones sistema de impulsión "línea 1".

Nudo	P.Dinámica (Pa)	P. estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m3/h)	P. necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
2	0,42	36,58	37	22,3	37	0*
1	0,39	36,63	37,01			
4	0	37,12	37,12	22,3	37	0,12
3	0	37,12	37,12			
6	0,01	37,12	37,12	22,3	37	0,12
5	0	37,12	37,12			
8	0,01	37,11	37,12	22,3	37	0,12
7	0,01	37,12	37,12			
10	0,02	37,1	37,12	22,3	37	0,12
9	0,01	37,11	37,12			
12	0,03	37,09	37,12	22,3	37	0,12
11	0,02	37,1	37,12			
14	0,04	37,08	37,12	22,3	37	0,12
13	0,03	37,09	37,12			
16	0,05	37,07	37,12	22,3	37	0,12
15	0,04	37,08	37,12			
18	0,06	37,06	37,11	22,3	37	0,11
17	0,05	37,07	37,12			
20	0,07	37,04	37,11	22,3	37	0,11
19	0,06	37,06	37,12			
22	0,09	37,02	37,11	22,3	37	0,11
21	0,07	37,04	37,11			
24	0,11	37	37,1	22,3	37	0,1
23	0,09	37,02	37,11			
26	0,12	36,98	37,1	22,3	37	0,1
25	0,11	37	37,1			
28	0,14	36,95	37,09	22,3	37	0,09
27	0,12	36,98	37,1			
30	0,16	36,92	37,09	22,3	37	0,09
29	0,14	36,95	37,1			
32	0,19	36,89	37,08	22,3	37	0,08
31	0,16	36,92	37,09			
34	0,21	36,86	37,07	22,3	37	0,07
33	0,19	36,9	37,08			

36	0,24	36,83	37,07	22,3	37	0,07
35	0,21	36,86	37,08			
38	0,26	36,79	37,06	22,3	37	0,06
37	0,24	36,83	37,07			
40	0,29	36,75	37,05	22,3	37	0,05
39	0,26	36,79	37,06			
42	0,32	36,71	37,04	22,3	37	0,04
41	0,29	36,76	37,05			
44	0,35	36,67	37,03	22,3	37	0,03
43	0,32	36,72	37,04			
46	0,39	36,63	37,01	22,3	37	0,01
45	0,35	36,67	37,03			
47	0	37,12	37,12	22,3	37	0,12
48	0,42	36,58	37			
49	0,42	-0,8	-0,38			
50	0,42	-0,8	-0,38	-535,2	-0,38	0*

Tabla 5.14. Resultados de presiones sistema de impulsión "línea 2".

#### 5.2.1.4 Ajustes para diseño definitivo

En esta instalación no es necesario ningún ajuste, puesto que con las condiciones impuestas inicialmente funciona correctamente para ambos casos.

#### 5.2.1.5 Resultado presiones

Debido a que el sistema ya se encuentra ajustado, las tablas de este apartado son las mismas que las tablas 5.13 y 5.14.

#### 5.2.1.6 Resultado conductos

Si vemos las tablas 5.15 y 5.16 podemos observar que para el software, la instalación está formada por una sucesión de conductos y toberas. Esto realmente no es así, pero el software considera segmentos de conducto asociados a la unidad terminal de tobera esférica y conductos entre estas de 5 centímetros, debido a que no se pueden enlazar dos accesorios entre sí sin un segmento de conducto intermedio. Estas consideraciones han sido tomadas para poder realizar los cálculos, pero la instalación real consta de un colector de longitud total de 5 metros y diámetro de 0,475 que es el diámetro normalizado más cercano al calculado manualmente. Las toberas son de 55 mm de diámetro y están separados entre sí 208 milímetros entre centros y colocadas directamente sobre el colector, justo en el centro de este.

Aunque el software realiza la instalación de esta forma, los resultados de caudales y velocidades nos permiten ver cómo varían realmente estos parámetros en la instalación realmente.

En caso de ser necesario, se puede consultar el anexo de planos para situar correctamente los nudos en la instalación.

Línea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Caudal (m³/h)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
1	2	3		Codo		535,2		0,093
5	7	8		Tobera		512,9		-0,015
6	3	7	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	535,2	0,84(*)	0,001
7	9	10		Tobera		490,6		-0,014
8	8	9	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	512,9	0,8	0,001
9	11	12		Tobera		468,3		-0,013
10	10	11	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	490,6	0,77	0,001
11	13	14		Tobera		446		-0,011
12	12	13	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	468,3	0,73	0,001
13	15	16		Tobera		423,7		-0,011
14	14	15	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	446	0,7	0,001
15	17	18		Tobera		401,4		-0,01

16	16	17	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	423,7	0,66	0,001
17	19	20		Tobera		379,1		-0,009
18	18	19	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	401,4	0,63	0,001
19	21	22		Tobera		356,8		-0,008
20	20	21	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	379,1	0,59	0,001
21	23	24		Tobera		334,5		-0,007
22	22	23	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	356,8	0,56	0,001
23	25	26		Tobera		312,2		-0,006
24	24	25	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	334,5	0,52	0,001
25	27	28		Tobera		289,9		-0,006
26	26	27	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	312,2	0,49	0
27	29	30		Tobera		267,6		-0,005
28	28	29	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	289,9	0,45	0
29	31	32		Tobera		245,3		-0,004
30	30	31	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	267,6	0,42	0
31	33	34		Tobera		223		-0,004
32	32	33	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	245,3	0,38	0
33	35	36		Tobera		200,7		-0,003
34	34	35	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	223	0,35	0
35	37	38		Tobera		178,4		-0,003
36	36	37	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	200,7	0,31	0
37	39	40		Tobera		156,1		-0,002
38	38	39	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	178,4	0,28	0
39	41	42		Tobera		133,8		-0,002
40	40	41	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	156,1	0,24	0
41	43	44		Tobera		111,5		-0,001
42	42	43	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	133,8	0,21	0
43	45	46		Tobera		89,2		-0,001
44	44	45	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	111,5	0,17	0
45	47	48		Tobera		66,9		-0,001
46	46	47	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	89,2	0,14	0
47	49	50		Tobera		44,6		-0
48	48	49	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	66,9	0,1	0
49	51	52		Tobera		22,3		0
50	50	51	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	44,6	0,07	0
51	52	1	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	22,3	0,03	0
49	50	51		Ventilador		-535,2		-37,486
50	51	52	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-535,2	0,84	0,001
51	50	2	0,62	Conducto	Acero Galv./0,1	535,2	0,84	0,015

Tabla 5.15 Resultados conductos sistema de impulsión "línea 1".

Línea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Caudal (m³/h)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
1	1	2		Tobera		-512,9		-0,015
2	3	4		Tobera		-22,3		0
3	5	6		Tobera		-44,6		-0
4	4	5	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-44,6	0,07	0
5	7	8		Tobera		-66,9		-0,001
6	6	7	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-66,9	0,1	0
7	9	10		Tobera		-89,2		-0,001
8	8	9	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-89,2	0,14	0
9	11	12		Tobera		-111,5		-0,001
10	10	11	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-111,5	0,17	0
11	13	14		Tobera		-133,8		-0,002
12	12	13	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-133,8	0,21	0
13	15	16		Tobera		-156,1		-0,002
14	14	15	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-156,1	0,24	0
15	17	18		Tobera		-178,4		-0,003
16	16	17	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-178,4	0,28	0
17	19	20		Tobera		-200,7		-0,003
18	18	19	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-200,7	0,31	0
19	21	22		Tobera		-223		-0,004
20	20	21	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-223	0,35	0
21	23	24		Tobera		-245,3		-0,004
22	22	23	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-245,3	0,38	0
23	25	26		Tobera		-267,6		-0,005

24	24	25	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-267,6	0,42	0
25	27	28		Tobera		-289,9		-0,006
26	26	27	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-289,9	0,45	0
27	29	30		Tobera		-312,2		-0,006
28	28	29	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-312,2	0,49	0
29	31	32		Tobera		-334,5		-0,007
30	30	31	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-334,5	0,52	0,001
31	33	34		Tobera		-356,8		-0,008
32	32	33	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-356,8	0,56	0,001
33	35	36		Tobera		-379,1		-0,009
34	34	35	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-379,1	0,59	0,001
35	37	38		Tobera		-401,4		-0,01
36	36	37	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-401,4	0,63	0,001
37	39	40		Tobera		-423,7		-0,011
38	38	39	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-423,7	0,66	0,001
39	41	42		Tobera		-446		-0,011
40	40	41	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-446	0,7	0,001
41	43	44		Tobera		-468,3		-0,013
42	42	43	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-468,3	0,73	0,001
43	45	46		Tobera		-490,6		-0,014
44	44	45	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-490,6	0,77	0,001
45	46	1	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-512,9	0,8	0,001
46	3	47	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	22,3	0,03	0
47	48	49		Ventilador		-535,2		-37,378
48	2	48	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-535,2	0,84(*)	0,001
49	49	50	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	-535,2	0,84	0,001

Tabla 5.16. Resultados conductos sistema de impulsión "línea 2".

### 5.2.1.7 Resultado unidades terminales

Si analizamos la tabla de resultados de unidades terminales, vemos que para ambos casos todas las unidades terminales seleccionadas son las mismas y tienen los mismos parámetros.

Para cada una de las instalaciones de impulsión se utilizan veinticuatro toberas esféricas de largo alcance con las características de la tabla 5.17.

Nudo	Tipo	Caudal (m³/h)	Pt (Pa)	V.ef. (m/s)	Alc (m)	NR (dB)	Diám.nom. (mm)
1	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
7	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
9	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
11	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
13	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
15	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
17	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
19	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
21	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
23	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
25	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
27	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
29	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
31	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
33	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
35	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
37	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
39	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
41	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
43	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55

45	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
47	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
49	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55
51	Tobera esférica	22,3	37	8,3	6,9	15	55

Tabla 5.17. Resultados de unidades terminales instalaciones de “líneas 1 y 2”.

Del catálogo de Koolair se pueden aportar las figuras 5.7 y 5.8 donde se detallan las principales dimensiones de la boquilla seleccionada. En nuestro caso, hemos utilizado la tobera modelo 5. La cota A que no aparece en la figura 5.8 representa el diámetro exterior total, teniendo en cuenta los bordes para anclar la tobera.

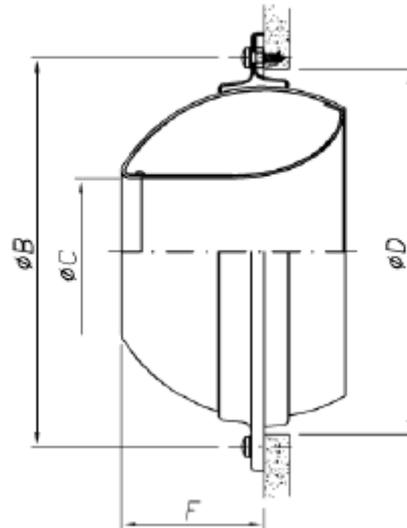


Figura 5.7. Esquema con cotas de la tobera esférica.

MODELO	ØA	ØB	ØC	ØD
5	205	182	55	143
8	276	254	90	215
10	324	301	123	265
12	380	356	155	322
16	495	470	220	425
20	553	526	290	500

Figura 5.8. Dimensiones de la tobera.

#### 5.2.1.8 Resultado y selección del ventilador.

Ventilador “línea 1”, considerando un rendimiento del ventilador del 45%.

Presión "P" (Pa) = 77,486

Caudal "Q" (m<sup>3</sup>/h) = 535,2

Potencia  $W = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \eta} = 25,6$

Wesp = 101 W/(m<sup>3</sup>/s) Categoría SFP 1

Ventilador “línea 2”, considerando un rendimiento del ventilador del 45%.

Presión "P" (Pa) = 77,378

Caudal "Q" (m<sup>3</sup>/h) = 535,2

$$\text{Potencia } W = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \eta} = 25,6$$

Wesp = 101 W/(m<sup>3</sup>/s) Categoría SFP 1

Las unidades de ventilación utilizadas en todas las instalaciones van a ser suministradas por la compañía Sodeca. Para la selección de la unidad más apropiada, vamos a utilizar una herramienta creada por la misma casa comercial que facilita la selección de las unidades de ventilación.

Este software recibe el nombre de Sodeca QuickFan, el software cuenta con una base de datos en la que aparecen todos los ventiladores que comercializa la compañía, ordenados según los tipos de unidad por familias. Además de la selección de la unidad de ventilación adecuada, el software permite acceder a las fichas técnicas de cada uno de los ventiladores.

Para la selección del ventilador basta con seleccionar el tipo de ventilador que queremos utilizar en nuestra instalación (axial, radial, helicoidales, atex, etc.). Luego seleccionamos la serie que queremos utilizar para nuestra aplicación, la serie indica las características geométricas y los materiales utilizados en la construcción de cada tipo de unidades. En último lugar, se pueden seleccionar características de la unidad de ventilación como son conexiones, velocidades del motor, eficiencia del motor, material de la turbina, etc.

Una vez indicados estos parámetros debemos indicar la presión estática necesaria en la instalación y el caudal que debe impulsar la unidad de ventilación.

En este caso la unidad de ventilación seleccionada es:

Standard	Modelo	Q (m <sup>3</sup> /h)	Pe (Pa)	Velocidad salida aire (m/s)	Velocidad (rpm)	Potencia Mec. Nominal (kW)	Nivel potencia sonora dB(A)	Peso aprox. (kg)
Sí	CPV- 1325- 6T	758,12	155,47	6,79	900	0,25	72	27,0

En este caso la unidad de ventilación existe por duplicado ya que las dos instalaciones de impulsión cuentan con el mismo ventilador.

## 5.2.2 Sistema de extracción

### 5.2.2.1 Sistemas propuestos

En un principio se valoró utilizar campanas de extracción, pero este sistema quedó descartado ya que el software no permite modificar el tamaño de las campanas de extracción localizada con las que cuenta en la base de datos. Por tanto, no se pueden crear campanas con la anchura necesaria de 5 metros para que cubra la instalación al completo.

Como consecuencia, los sistemas de extracción para la "línea 1" y la "línea 2" están formados por tubos de sección cuadrada y rejillas de retícula. Los tubos tienen este tipo de sección porque están colocados sobre el suelo a cota 0 y así se facilita la instalación de estos debido a que son más estables y fáciles de colocar. Cada una de las instalaciones cuenta con cuatro rejillas de retícula, en este caso las dimensiones de las rejillas están prefijadas y se van a utilizar cuatro rejillas normalizadas de la base de datos del fabricante Koolair, con una longitud

de 1250 mm y una altura de 800 mm, la longitud es debida a que la suma de cuatro de estas rejillas colocadas en serie hacen justo los 5 metros de la instalación. Para justificar la altura se detallarán los cálculos en el siguiente apartado.

Estas instalaciones están colocadas en la zona libre entre la línea de inspección 1 y la línea de inspección 2, ambas se sitúan de forma paralela y con los ventiladores situados en el exterior de la pared sur, entre las puertas 1 y 2. Evidentemente las rejillas de cada una de ellas están colocadas de forma opuesta hacia la zona donde circulan los vehículos y por donde reciben el flujo de impulsión cargado de contaminantes. Se puede observar la instalación de extracción en la figura 5.9.

En esta situación, se podría optar por la extracción a través de un mismo conducto con rejillas colocadas a ambos lados del mismo y un único ventilador. Pero se van a calcular como instalaciones separadas para que puedan operar de forma independiente y una pueda funcionar con la otra apagada.

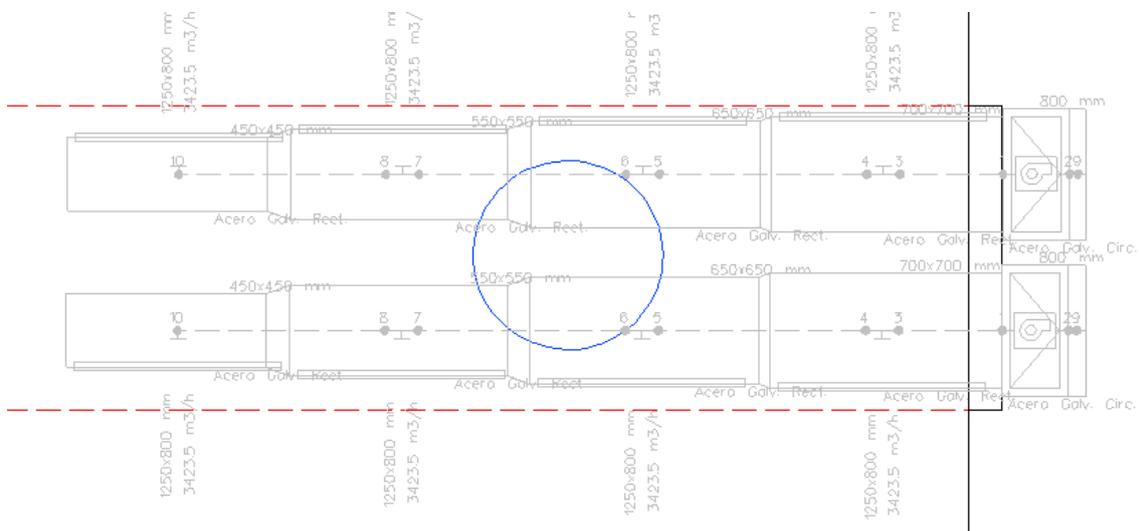


Figura 5.9. Instalaciones de extracción para “líneas 1 y 2”.

Los sistemas de extracción van a contar con unas pestañas metálicas colocadas sobre el borde superior de las rejillas de extracción, con una altura de 200 mm asegurando así que todo el flujo de aire contaminado es capturado por las rejillas de extracción. Esta solución provoca que el sistema sea más eficaz y más eficiente como se puede ver en las siguientes figuras 5.10 y 5.11. Figuras extraídas de “Industrial Ventilation” referencia bibliográfica [1].

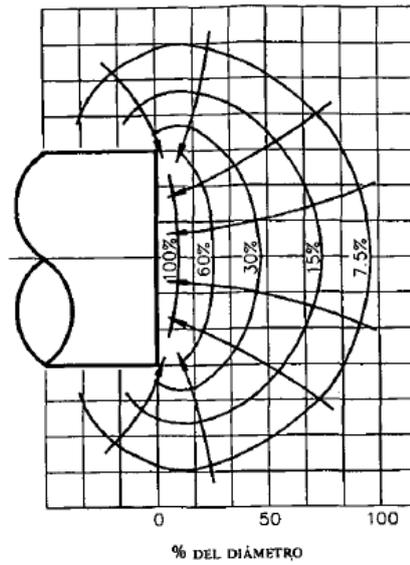


Figura 5.10. Perfil de velocidades sin pestañas.

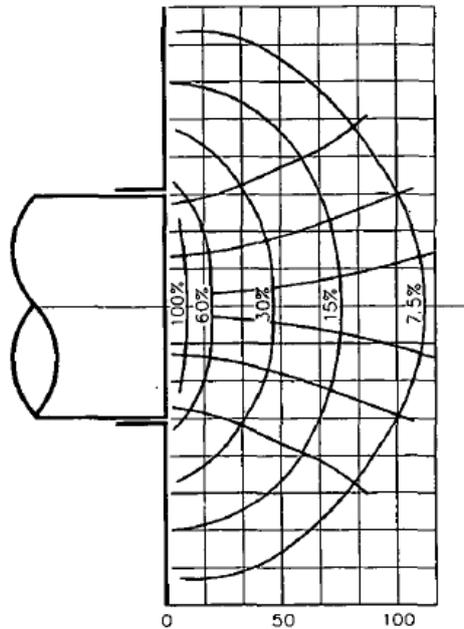


Figura 5.11. Perfil de velocidades con las pestañas o deflectores montados.

Las figuras 5.10 y 5.11 hacen referencia al porcentaje de velocidad respecto a la velocidad en la entrada del conducto. En el eje de abscisas, se representa la distancia referida como un porcentaje del diámetro. Como se puede observar, el sistema con las pestañas o deflectores, funciona de una forma mucho más eficiente, ya que se consigue un área de captura mayor que sin estos, y además se evita la succión de aire que no está contaminado situado en la parte de detrás de la rejilla.

#### 5.2.2.2 Cálculos y datos de partida para prediseño

Para realizar los cálculos en este apartado hemos utilizado de referencia los apuntes de clase de la asignatura Ingeniería de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, que nos relacionan las variables de caudal y velocidad a una cierta distancia con las variables iniciales del chorro de impulsión.

Es decir, nos permiten relacionar las variables del sistema de extracción con las del sistema de impulsión. Son ecuaciones que describen los chorros de aire.

Para calcular el caudal a una distancia de 4 metros del orificio de salida de aire hemos utilizado la relación  $\frac{Q_x}{Q_0} = \frac{2 \cdot x}{k_1 \cdot \sqrt{A_k}}$  siendo aquí,  $Q_x$  el caudal a la distancia  $x$ ,  $Q_0$  el caudal inicial (es decir, el impulsado),  $x$  es la distancia a la que queremos calcular el caudal,  $k_1$  es una constante que en este caso  $k_1=6,5$  para las bocas con salida cónica y  $A_k$  es la sección de salida del flujo de aire en la impulsión. Por lo tanto, vamos a calcular el caudal que genera cada uno de los chorros de impulsión,  $Q_x = \frac{2 \cdot 4}{6,5 \cdot \sqrt{\frac{\pi \times 0,055^2}{4}}} * 22,3 = 563,084 \text{ m}^3/\text{h}$ , por tanto tenemos que por cada chorro de

impulsión llega a la extracción este caudal, si tenemos en cuenta que hay veinticuatro toberas en la impulsión llegará un caudal total  $Q_t = 24 * Q_x = 13514,03 \text{ m}^3/\text{h}$ .

La velocidad que presenta el chorro de aire en su llegada a la extracción viene dada por la relación  $\frac{V_x}{V_0} = \frac{k_1 \cdot \sqrt{A_k}}{x}$  siendo  $V_x$  la velocidad a la distancia  $x$ ,  $V_0$  la velocidad inicial del flujo,  $k_1 = 6,5$  cte.  $A_k$  el área del orificio de salida y  $x$  la distancia desde la impulsión a la extracción.

Resultando  $V_x = \frac{6,5 \cdot \sqrt{\frac{\pi \times 0,055^2}{4}}}{4} * 2,6052 = 0,2063 \text{ m/s}$

Para calcular la altura con la que llegará el chorro de aire de impulsión a la extracción situada a 4 metros de distancia se utiliza la relación  $V_x^2 * \delta^2 = V_0^2 * A_0^2$ . Por lo tanto, se obtiene como

resultado  $\delta = \sqrt{\frac{2,6^2 \times \frac{\pi \times 0,055^2}{4}}{0,2063^2}} = 0,6143 \text{ m}$

Por esta razón, se utilizan rejillas de una altura de 800 mm colocadas en el suelo y así aseguramos que la totalidad del flujo penetre en su interior.

De un trabajo de fin de grado llamado aprovechamiento energético de los gases de escape realizado por un compañero de otra universidad, hemos podido obtener una tabla que relaciona las revoluciones del motor con el caudal de gases emitidos por el escape.

rpm	rps	Caudal [m³/s]
1500	25	0,025
2000	33,33	0,0333
2500	41,67	0,0417
3000	50,00	0,05
3500	58,33	0,0583
4000	66,67	0,0667
4500	75	0,075
5000	83,33	0,0833
5500	91,67	0,0917
6000	100	0,1
6500	108,33	0,1083

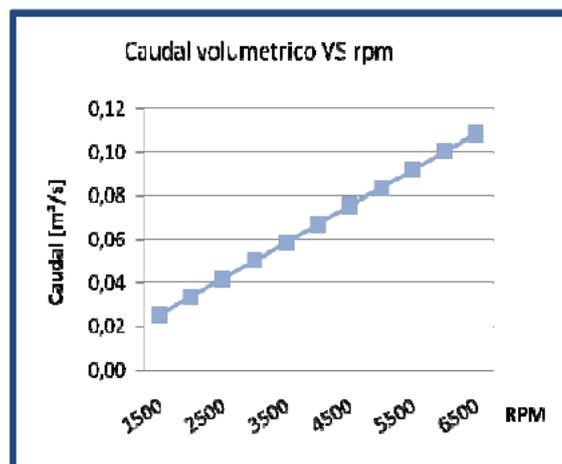


Figura 5.12. Relación entre rpm del motor y caudal de escape.

Los valores que aparecen en la tabla y la gráfica de la figura 5.12 están calculados para un motor de 2 litros de cilindrada. Para nuestra aplicación, hemos tomado el valor de caudal

establecido a 3000 rpm, que son el entorno donde se realizan las pruebas de emisiones de gases.

Por tanto, a nuestro caudal total debemos añadir un caudal de gases de escape  $Q_e=0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$ . En este caso, es casi despreciable ya que representa en torno a 1% del caudal calculado para la extracción.

El caudal total de extracción será  $Q = 13694 \text{ m}^3/\text{h}$ . Lo que supone que cada una de las rejillas de nuestra instalación aspirará un caudal unitario de  $q = 3423,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### 5.2.2.3 Interpretación de resultados obtenidos con el software para el prediseño

En el caso de la extracción, las instalaciones son totalmente simétricas y están nombradas con los mismos nudos, por lo tanto, basta con poner una tabla para ambas instalaciones, ya que los resultados son idénticos.

Si visualizamos la tabla 5.18 podemos ver que en su última columna se producen variaciones de presión demasiado grandes que no entran el 15 % de tolerancia, y por lo tanto podemos concluir que el sistema se encuentra desequilibrado. Si dejásemos el sistema funcionando así en las zonas más cercanas al ventilador se produciría una mayor depresión y por lo tanto, el sistema aspiraría más aire que en las zonas situadas alejadas del ventilador.

En caso de ser necesario se puede consultar el anexo de planos para situar correctamente los nudos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	36,16	-70,12	-33,96			
2	34,36	0,04	34,4			
3	36,16	-69,56	-33,41	-3.423,5	-1,9	-31,51 (!)
4	27,36	-48,92	-21,56			
5	27,36	-47,99	-20,63	-3.423,5	-1,9	-18,73 (!)
6	23,72	-34,08	-10,36			
7	23,72	-33,07	-9,35	-3.423,5	-1,9	-7,45 (!)
8	13,23	-15,87	-2,64			
9	34,36	0	34,36	13.694	34,36	0*
10	13,23	-15,13	-1,9	-3.423,5	-1,9	0*

Tabla 5.18. Resultados de presiones desequilibrado para sistemas de extracción push-pull.

### 5.2.2.4 Ajustes para diseño definitivo

Para corregir la situación de desequilibrio no se puede proceder igual que en el apartado de las instalaciones para los fosos por las siguientes razones:

- Si colocamos un obstáculo para estrangular el flujo de aire, al constar el sistema de una única rama, el software incrementaría la presión del ventilador para hacer una diferencia de presiones 0 en el nudo más alejado. Por tanto, el único efecto sería crear una mayor depresión en los demás nudos, o lo que es lo mismo, un mayor desequilibrio.
- En este apartado, no se puede proceder variando el tamaño de las rejillas para variar las pérdidas de carga, ya que como hemos explicado anteriormente, las dimensiones vienen dadas por la longitud total de la instalación y la altura del chorro que llega a la extracción.

- Tampoco se puede proceder modificando la sección de los conductos, ya que con este software el único efecto que esto provoca es la variación de la velocidad en el interior del conducto. El software siempre mantiene el caudal que llega a cada unidad terminal constante.

Por lo tanto, la única forma posible de proceder en esta situación es colocar tres compuertas de regulación tras las rejillas que se encuentran desequilibradas, corrigiendo así las diferencias de presión. En este caso, es económicamente viable ya que para las dos instalaciones de extracción supondrían una suma total de seis compuertas de regulación.

#### 5.2.2.5 Resultado presiones

En la tabla 5.19, podemos observar una columna extra que no aparece en la tabla 5.19, en concreto la última, en esta columna se muestran las caídas de presión generadas por las compuertas de regulación y si miramos a la columna de las diferencias de presión podemos observar que se trata del método más eficiente a la hora de equilibrar, ya que el sistema se encuentra equilibrado totalmente. Por lo tanto, podemos concluir que el sistema funcionaría de forma óptima con estas compuertas montadas en la instalación.

En caso de ser necesario se puede consultar el anexo de planos para situar correctamente los nudos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)	Pérd. Pt Compuerta (Pa)
1	36,16	-70,12	-33,96				
2	34,36	0,04	34,4				
3	36,16	-69,56	-33,41	-3.423,5	-1,9	0*	31,51
4	27,36	-48,92	-21,56				
5	27,36	-47,99	-20,63	-3.423,5	-1,9	0	18,73
6	23,72	-34,08	-10,36				
7	23,72	-33,07	-9,35	-3.423,5	-1,9	-0	7,45
8	13,23	-15,87	-2,64				
9	34,36	0	34,36	13.694	34,36	0*	
10	13,23	-15,13	-1,9	-3.423,5	-1,9	0	

Tabla 5.19. Resultados de presiones para sistemas de extracción equilibrados.

#### 5.2.2.6 Resultado conductos

La tabla es un resumen de los conductos que forman la instalación donde se detallan los conductos que forman la instalación. Podemos ver la longitud de los conductos, su sección, el material, los caudales, velocidades y pérdidas de carga para cada uno de los tramos.

En caso de ser necesario se puede consultar el anexo de planos para situar correctamente los nudos.

Línea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	W x H (mm)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
1	1	2		Ventilador		13.694			-68,36
2	2	9	0,05	Conducto	Acero Galv./0,1	13.694	700x700	7,57	0,036
4	1	3	0,63	Conducto	Acero Galv./0,1	-13.694	700x700	7,76	0,558
6	4	5	1,25	Conducto	Acero Galv./0,1	-10.270,5	650x650	6,75	0,934
8	6	7	1,25	Conducto	Acero Galv./0,1	-6.847	550x550	6,29	1,004
9	8	10	1,25	Conducto	Acero Galv./0,1	-3.423,5	450x450	4,7	0,74

Tabla 5.20. Resultados de conductos para sistemas de extracción equilibrados.

### 5.2.2.7 Resultado unidades terminales

En este caso, las rejillas utilizadas son idénticas, dimensiones 1250x800 de la base de datos del fabricante Koolair, y del tipo retícula más apropiadas para aplicaciones de extracción. Si tenemos en cuenta la duplicidad de la instalación la suma total sería ocho rejillas en total.

Nudo	Tipo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Pt (Pa)	V.ef. (m/s)	L x H (mm)
4	Retícula	3.423,5	1,9	1	1250x800
6	Retícula	3.423,5	1,9	1	1250x800
8	Retícula	3.423,5	1,9	1	1250x800
10	Retícula	3.423,5	1,9	1	1250x800

Tabla 5.21. Resultados de unidades terminales para sistemas de extracción equilibrados.

### 5.2.2.8 Resultado y selección del ventilador.

Si se considera un rendimiento del ventilador del 45% obtenemos.

Presión "P" (Pa) = 108,36

Caudal "Q" (m<sup>3</sup>/h) = 13694

Potencia  $W = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \eta} = 916$

Wesp = 241 W/(m<sup>3</sup>/s) Categoría SFP 1

Las unidades de ventilación utilizadas van a ser suministradas por la compañía Sodeca. Para la selección de la unidad más apropiada, vamos a utilizar una herramienta creada por la misma casa comercial que facilita la selección de las unidades de ventilación.

Este software recibe el nombre de Sodeca QuickFan y cuenta con una base de datos en la que aparecen todos los ventiladores que comercializa la compañía, ordenados según los tipos de unidad por familias. Además de la selección de la unidad de ventilación adecuada, el software permite acceder a las fichas técnicas de cada uno de los ventiladores.

Para la selección del ventilador basta con seleccionar el tipo de ventilador que queremos utilizar en nuestra instalación (axial, radial, helicoidales, atex, etc.). Luego seleccionamos la serie que queremos utilizar para nuestra aplicación, la serie indica las características geométricas y los materiales utilizados en la construcción de cada tipo de unidades. En último lugar, se pueden seleccionar características de la unidad de ventilación como son conexiones, velocidades del motor, eficiencia del motor, material de la turbina, etc.

Una vez indicados estos parámetros debemos indicar la presión estática necesaria en la instalación y el caudal que debe impulsar la unidad de ventilación. En este caso, la unidad de ventilación seleccionada es:

Standard	Modelo	Q (m <sup>3</sup> /h)	Pe (Pa)	Velocidad salida aire (m/s)	Velocidad (rpm)	Potencia Mec. Nominal (kW)	Nivel potencia sonora dB(A)	Peso aprox. (kg)
No	CJSX-22/11-4-500RPM-F-400	13694	108,36	15,65	500	3,00	86	224,5

En este caso el software de selección de unidad de ventilación da la opción de un ventilador con regulación de rpm para que el ventilador trabaje en nuestro punto de diseño. Como la instalación de extracción es doble es necesario tener en cuenta que existen 2 ventiladores de este tipo.

## 5.3 Sistema de ventilación para vehículos pesados

### 5.3.1 Sistema de extracción

Debido a la gran diversidad de posiciones del sistema de escape que presentan los vehículos pesados, salidas por la parte trasera en autobuses, salidas laterales en camiones, salidas en vertical, etc. No es viable utilizar un sistema push-pull como en las líneas de inspección destinadas a vehículos más ligeros, ya que sería necesario un sistema demasiado grande e incluso en el caso de salidas de escape vertical no sería efectivo.

Por lo tanto, para cumplir con las exigencias de extracción de gases de escape en las líneas de vehículos pesados se va a utilizar un sistema comercial de la compañía Kemper.

El sistema está formado por un ventilador, colocado en el interior de la nave, y conectado mediante un conducto a una salida exterior para la evacuación del aire contaminado por los gases de escape. Este ventilador está conectado a una manguera flexible construida en tejido de poliéster capaz de aguantar temperaturas de hasta 150 °C y reforzadas para aguantar la abrasión y el arrollamiento por parte de los vehículos. Este tipo de mangueras nos ofrece la flexibilidad necesaria para poder situar la manguera en diversos puntos de las instalaciones de inspección y poder extraer de forma localizada los gases generados por cualquier tipo de vehículo. La manguera se conecta a una boca metálica de forma acampanada que se coloca a escasa distancia de los escapes de los vehículos, produciéndose una extracción localizada muy eficiente.

En nuestras instalaciones, se va a proceder a colocar dos de estos extractores, uno estará situado en la zona libre entre la "línea 4" y la pared oeste, y el otro en la zona libre situada entre las "líneas 3 y 4". Quedando uno a cada lado de la puerta de entrada 4. En ambos casos, el ventilador se situará en el interior de la nave anclado al suelo y conectados al exterior a través de la pared sur por un conducto de sección rectangular destinado a evacuar los gases contaminados. Quedando como en la figura 5.13.

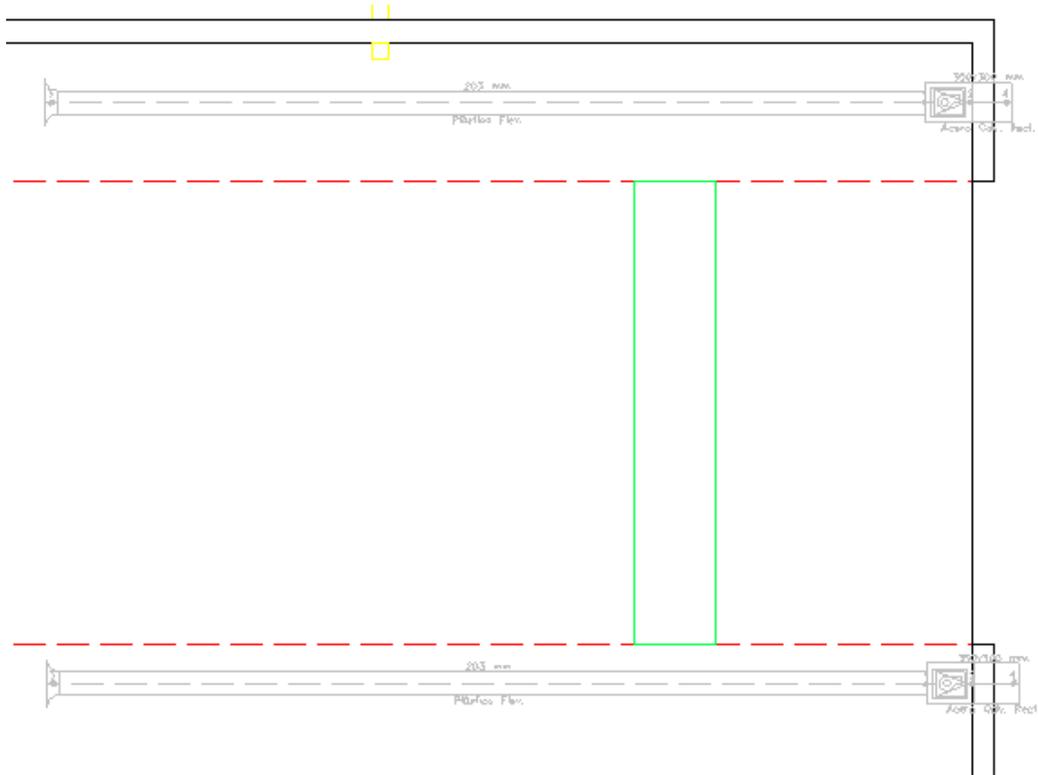


Figura 5.13. Sistemas de extracción para vehículos pesados.



Figura 5.14. Sistema real.

### 5.3.1.2 Cálculos y datos de partida

En los apuntes de ventilación se encuentra una tabla que relaciona las pérdidas generadas por un accesorio con una longitud equivalente dependiendo de los radios de curvatura.



DIAMETRO (mm)	Codo 90°		
	1'5 D	2'0 D	2'5 D
75	1'5	0'9	0'9
100	2	1'3	1'3
125	3	2'0	2'5
150	3'5	2'0	1'8
175	4'0	2'8	2'2
200	4'5	3'0	2'4
250	6	4'2	3'3
300	7'5	5'1	4'2
350	9	6'3	5'1

Figura 5.15. Longitudes equivalentes.

Si de esta tabla tomamos el diámetro de 200 mm y la curvatura más desfavorable, podemos ver que para cada codo de 1,5D de curvatura, la pérdida en longitud equivalente es de 4,5 metros.

En este caso, estimamos tres codos en la instalación suponiendo una longitud equivalente de 13,5 metros.

Por lo tanto, a la hora de realizar los cálculos en el software vamos a aplicar un conducto con un total de 21 metros para compensar las pérdidas generadas por la curvatura del conducto flexible.

### 5.3.1.3 Resultado presiones

Podemos ver que el sistema funciona perfectamente como era de esperar ya que solo cuenta con una entrada de aire contaminado y una salida hacia la zona exterior a la nave.

En caso de ser necesario, se puede consultar la posición de los nudos en el anexo de planos.

Nudo	P. Dinámica (Pa)	P. Estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	P. Necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)
1	397,76	-1.354,7	-956,94			
2	37,79	1,01	38,8			
4	397,76	-693,64	-295,87	-3.000	-295,87	0*
3	37,79	0	37,79	3.000	37,79	0*

Tabla 5.22. Resultados de presiones.

### 5.3.1.4 Resultado conductos

En esta tabla se pueden observar las longitudes de los conductos, como se mencionó en el apartado de cálculos, aunque la longitud real del conducto flexible es de 7,5 metros, el cálculo está realizado para un conducto de 21 metros y así poder estimar las pérdidas generadas por la curvatura del conducto en la trayectoria que sigue hacia el vehículo donde se coloca. El valor de la velocidad para el conducto flexible es un poco alto, pero fácil de corregir aumentando la sección de la manguera flexible.

Línea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Caudal (m³/h)	W x H (mm)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
1	1	2		Ventilador		3.000			-995,735
2	2	3	0,43	Conducto	Acero Galv./0,1	3.000	350x300	7,94	1,006
3	1	4	21	Conducto	Plástico/0,01	-3.000		25,75	661,063

Tabla 5.23. Resultados de conductos.

### 5.3.1.5 Resultado unidades terminales

En esta instalación no existen unidades terminales como tal, pero el sistema cuenta con una convergencia metálica en forma acampanada para colocarla en el escape del vehículo y generar así una captación localizada desde el foco emisor de contaminantes. Esta convergencia acampanada no genera pérdidas de carga, ya que es del mismo diámetro que el conducto 203 mm.

### 5.3.1.6 Resultado y selección del ventilador.

Considerando un rendimiento del ventilador del 45% se obtiene:

Presión "P" (Pa) = 1035,735

Caudal "Q" (m³/h) = 3000

Potencia  $W = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \eta} = 1.918$

Wesp = 2302 W/(m³/s) Categoría SFP 5

Como vemos la potencia del ventilador es similar a la estimada por el fabricante. Las unidades de ventilación utilizadas en todas las instalaciones van a ser suministradas por la compañía Sodeca. Para la selección de la unidad más apropiada vamos a utilizar una herramienta creada por la misma casa comercial que facilita la selección de las unidades de ventilación.

Este software recibe el nombre de Sodeca QuickFan y cuenta con una base de datos en la que aparecen todos los ventiladores que comercializa la compañía, ordenados según los tipos de unidad por familias. Además de la selección de la unidad de ventilación adecuada, el software permite acceder a las fichas técnicas de cada uno de los ventiladores.

Para la selección del ventilador basta con seleccionar el tipo de ventilador que queremos utilizar en nuestra instalación (axial, radial, helicoidales, atex, etc.). Luego seleccionamos la serie que queremos utilizar para nuestra aplicación, la serie indica las características geométricas y los materiales utilizados en la construcción de cada tipo de unidades. En último lugar, se pueden seleccionar características de la unidad de ventilación como son conexiones, velocidades del motor, eficiencia del motor, material de la turbina, etc.

Una vez indicados estos parámetros debemos indicar la presión estática necesaria en la instalación y el caudal que debe impulsar la unidad de ventilación. En este caso, la unidad de ventilación seleccionada es:

Standard	Modelo	Q (m <sup>3</sup> /h)	Pe (Pa)	Velocidad salida aire (m/s)	Velocidad (rpm)	Potencia Mec. Nominal (kW)	Nivel potencia sonora dB(A)	Peso aprox. (kg)
Sí	CPV- 1325- 2T IE3	3084,09	1093,64	27,64	2850	2,20	100	27,0

## 6. Mediciones y presupuesto

En este capítulo, se detallan todos los componentes que conforman cada una de las instalaciones calculadas en el presente proyecto. Además, se evalúa el coste de los componentes que integran cada sistema. Los precios incluyen los costes de montaje.

En los precios de los conductos se incluye el precio de los anclajes necesarios para su montaje.

Para este apartado se ha utilizado una base de datos y el software presto, y la web de generación de precios [www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)

### 6.1. Instalación de impulsión en fosos

#### Conductos rectangulares

AnchoxAlto (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
200x200	Acero galvanizado	5,77	4,62	25,23	116,5626
225x225	Acero galvanizado	3,13	2,82	25,23	71,1486
250x250	Acero galvanizado	2,85	2,85	25,23	71,9055
275x275	Acero galvanizado	4,13	4,54	25,23	114,5442
300x300	Acero galvanizado	8,48	10,17	25,23	256,5891
500x300	Acero galvanizado	4,47	7,15	25,23	180,3945
200x200	Acero galvanizado	5,77	4,62	25,23	116,5626
Total					927,7071

#### Componentes rectangulares

Denominación	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Codo	1	33,44	33,44
Derivación T	2	22,34	44,68
Obstáculo	3	114,35	343,05
Total			421,17

Como obstáculos se van a utilizar compuertas con álabes orientables.

## Rejillas

Tipo	LxH(mm)	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Simple Deflex.H	1100x200	2	103,79	207,58
Simple Deflex.H	300x100	1	23,64	23,64
Simple Deflex.H	300x150	2	25,86	51,72
Simple Deflex.H	300x200	2	28,29	56,58
Simple Deflex.H	350x150	2	23,64	47,28
Simple Deflex.H	350x200	1	38,39	38,39
Simple Deflex.H	450x200	1	32,95	32,95
Simple Deflex.H	600x200	3	43,73	131,19
<b>Total</b>				<b>589,33</b>

## Ventilador

Modelo	Precio €
CB-2240-6T IE3	1.616,40

## Coste total de la instalación

El coste total de la instalación es de **3476,49 €**.

## 6.2. Instalación de extracción en fosos

### Conductos rectangulares

AnchoxAlto (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
200x200	Acero galvanizado	8,82	7,06	25,23	178,1238
225x225	Acero galvanizado	6,6	5,94	25,23	149,8662
250x250	Acero galvanizado	3,91	3,91	25,23	98,6493
275x275	Acero galvanizado	1,61	1,78	25,23	44,9094
300x300	Acero galvanizado	5,97	7,17	25,23	180,8991
400x300	Acero galvanizado	4,47	6,26	25,23	157,9398
500x300	Acero galvanizado	3,35	5,35	25,23	134,9805
<b>Total</b>					<b>945,3681</b>

### Componentes rectangulares

Denominación	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Codo	1	33,44	33,44
Derivación T	2	22,34	44,68
Obstáculo	3	114,35	343,05
<b>Total</b>			<b>421,17</b>

Como obstáculos se van a utilizar compuertas con álabes orientables.

## Rejillas

Tipo	LxH(mm)	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Retícula	200x200	5	25,58	127,9
Retícula	300x200	3	27,37	82,11
Retícula	600x200	6	50,71	304,26
Compuertas de regulación	200x200	2	9,35	18,7
Total				532,97

### Ventilador

Modelo	Precio €
CMP-1128-4T / ATEX / EXII2G EX E	1.180,00

### Coste total de la instalación

El coste total de la instalación es de **3079,5081 €**.

### 6.3. Instalación de impulsión push-pull “línea 1”

#### Conductos circulares

Diámetro (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
475	Acero galvanizado	1,87	2,79	25,65	71,5635
475	Acero galvanizado	5	7,46	25,65	191,349
Total					262,9125

#### Componentes circulares

Denominación	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Codo	1	47,08	47,08

#### Toberas

Tipo	Diam.(mm)	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Tobera esférica	55	24	129,35	3104,4

### Ventilador

Modelo	Precio €
CPV-1325-6T	989,05

### Coste total de la instalación

El coste total de la instalación es de **4403,4425 €**.

### 6.4. Instalación de impulsión push-pull “línea 2”

#### Conductos circulares

Diámetro (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
---------------	----------	----------	------------------------	----------------------	----------

475	Acero galvanizado	5	7,46	25,65	191,349
-----	-------------------	---	------	-------	---------

### Toberas

Tipo	Diam.(mm)	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Tobera esférica	55	24	129,35	3104,4

### Ventilador

Modelo	Precio €
CPV-1325-6T	989,05

### Coste total de la instalación

El coste total de la instalación es de **4284,799 €**.

## 6.5. Instalaciones de extracción push-pull

### Conductos rectangulares

AnchoxAlto (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
450x450	Acero galvanizado	1,25	2,25	25,23	56,7675
550x550	Acero galvanizado	1,25	2,75	25,23	69,3825
650x650	Acero galvanizado	1,25	3,25	25,23	81,9975
700x700	Acero galvanizado	0,62	1,75	25,23	44,1525
Total					252,3

### Conductos circulares

Diámetro (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
800	Acero galvanizado	0,05	0,13	62,42	8,1146

### Rejillas

Tipo	LxH(mm)	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Retícula	1250x800	4	112,37	449,48
Compuertas de regulación	1250x800	3	97,15	291,45
Total				740,93

### Ventilador

Modelo	Precio €
CJSX-22/11-4-500RPM-F-400	3.342,80

### Coste total de la instalación(x2)

El coste total de la instalación es de **4344,1446 €**.

### 6.6. Instalaciones de extracción para vehículos pesados

#### Conductos rectangulares

AnchoxAlto (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m <sup>2</sup>	Ptot.(€)
350x300	Acero galvanizado	0,3	0,39	25,23	9,8397

#### Conductos flexibles

Diámetro (mm)	Material	Total(m)	Total(m <sup>2</sup> )	Pu(€)/m	Ptot.(€)
203	Plástico	7,5	4,78	21,03	157,725

#### Unidades terminales

Tipo	D(mm)	Cantidad	Pu(€)	Ptot.(€)
Convergencia acampanada	203	1	56,29	56,29

#### Ventilador

Modelo	Precio €
CPV-1325-2T IE3	1.192,50

### Coste total de la instalación (x2)

El coste total de la instalación es de **1416,3547 €**.

### 6.7. Coste total

Sumando el coste de cada una de las instalaciones tenemos un coste total para el proyecto incluyendo el precio de los componentes y el montaje de estos obtenemos un presupuesto total de **26765,2353 €**.

## 7. Resumen y conclusiones

En primer lugar, se procedió a visitar las instalaciones destinadas a la inspección de vehículos situadas en el término municipal de Cartagena, en Carretera de La Asomada, s/n, C.P.: 30353 con coordenadas geográficas 37° 37'42" N y 0° 57' 58" W, propiedad de la compañía TÜV RHEINLAND.

El objetivo de esta visita era:

- Estudiar los procesos de inspección que se llevan a cabo en el interior de la nave, con el objetivo de localizar los procesos que producían una mayor emisión de gases contaminantes nocivos para la salud de los trabajadores.
- Realizar medidas para poder dimensionar correctamente las redes de conductos que discurren por el interior de la nave con el fin de favorecer la ventilación forzada. Además se dimensionaron y situaron en el espacio las aberturas que favorecían la ventilación natural en el interior del edificio.
- Ubicar los equipos fijos en el interior del edificio a fin de evitarlos en el proceso de diseño de la instalación de ventilación.

Una vez se realizó esta tarea de visita en las instalaciones se procedió al estudio de la normativa y reglamentación de aplicación en este tipo de instalaciones, por ejemplo, la normativa acerca de condiciones de seguridad y salud en el trabajo o ventilación en edificios no industriales. También se investigó la bibliografía con el fin de encontrar referencias que permitiesen realizar un cálculo previo de las variables que posteriormente iban a ser introducidas en el software para definir las instalaciones definitivas.

Cuando ya se había obtenido la información se procedió a digitalizar los datos adquiridos en la visita a las instalaciones, en formato de texto y generando un archivo de Autocad con las dimensiones de la nave, para poder trabajar posteriormente con él.

En el siguiente paso se procedió a identificar las zonas con mayor riesgo de concentración de gases contaminantes, y por tanto, más nocivas para la salud de los trabajadores, para posteriormente definir la forma más adecuada para extraer los gases en cada zona, llegando a las siguientes conclusiones:

- Uno de los puntos más desfavorables de la instalación eran los fosos desde donde se realiza la inspección de la parte baja del automóvil, debido a que el riesgo de fugas en el sistema de escape del vehículo puede generar un aumento de la concentración de contaminantes en un volumen tan reducido como es el foso. Por tanto en un principio se optó por un sistema de conductos en forma de anillo colocado en el borde superior de los fosos, generado una ligera sobrepresión con el fin de evitar la entrada de contaminantes en el espacio del foso ocupado por los operarios. A parte de este sistema se consideró un sistema de extracción colocado en el fondo de los fosos, que por normativa no es necesario, pero se constituyó con un ventilador ATEX a fin de evitar riesgos con los gases ricos en hidrocarburos que se podían acumular en estas zonas.

- El otro punto más desfavorable, en cuanto a la concentración de gases contaminantes, fue la zona donde se realizan las pruebas de gases, ya que en este punto los motores son revolucionados hasta 3000-4000 rpm generando una emisión de gases mucho mayor que en el resto del proceso de inspección. En las líneas de inspección destinadas a vehículos más ligeros es decir turismos y furgonetas se optó por una configuración de sistema push-pull, es decir un sistema con dos ramas, una de impulsión y otra de aspiración, dejando el foco contaminante situado entre ambas, y aprovechando el flujo de aire de impulsión hacia la aspiración para dirigir los contaminantes y facilitar la extracción. En las líneas de vehículos más pesados la configuración que se consideró más adecuada fue utilizar campanas de extracción localizadas ubicadas lo más cerca posible del escape de los vehículos a fin de reducir los caudales de extracción y la potencia necesaria en los ventiladores.

El siguiente paso fue determinar el software que se iba a utilizar para calcular las instalaciones al completo, finalmente el software utilizado ha sido dmELECT instalaciones. Una vez seleccionado el software se procedió a la lectura del manual del complemento conductos para comprender la forma en la que se indican los parámetros necesarios para el cálculo de las instalaciones al software. Y para aprender a interpretar los resultados que son obtenidos con este, a modo de resumen los resultados más importantes que se obtienen son:

- Tabla con las presiones resultantes de cada nudo, cada nudo se corresponde con una unidad terminal de la instalación o el ventilador, por tanto a partir de esta tabla, observando la columna que representa la diferencia de presiones entre la presión real y la necesaria, podemos ver el grado de equilibrio que tiene el sistema y si funcionará como estaba diseñado.
- Tabla en la que se representan los conductos de la instalación en esta se indican los valores del caudal que circula por cada uno de los tramos y la velocidad del flujo de aire que trasiega por estos, además de las longitudes de cada tramo y el tipo de sección que se utiliza.
- Tabla se representan los datos de las unidades terminales (rejillas) sus dimensiones, el caudal que circula por cada una de ellas y el tipo de rejilla utilizado.
- En la hoja de resultados también se obtienen los valores de presión y caudal necesarios para el ventilador de cada instalación. El valor de la potencia necesaria y específica también vienen indicados en esta hoja de resultados, considerando un rendimiento del ventilador que se define previamente.
- El software también crea una hoja de mediciones muy útil a la hora de realizar el presupuesto, ya que indica el número de metros de cada tipo de conducto, los accesorios necesarios para describir el circuito (codos, tes, etc.) y un resumen con el número total de unidades terminales con sus dimensiones y tipo.
- El software genera una memoria y un pliego de condiciones automáticamente, pero en este caso no se ha aplicado en ningún punto del trabajo.

Una vez adquiridos todos estos conocimientos se procedió a calcular las instalaciones necesarias

La primera instalación que se calculó fueron los fosos.

- En el circuito de impulsión, situado en el borde superior del foso para crear una ligera sobrepresión, y evitar la entrada de contaminantes, se realizó un pequeño cambio respecto a la intención inicial, debido a que el software no permite calcular

instalaciones cerradas, se desestimó la opción en forma de anillo, y se configuró un sistema con forma ramificada. Además este sistema presentaba un ahorro en la longitud final de los conductos. Una vez se realizó el prediseño de la instalación determinando la posición del ventilador, el tipo de conducto a utilizar, la forma del sistema y las unidades terminales, fue necesario un proceso de equilibrado, para que el sistema funcionase correctamente. En este caso el proceso de equilibrado se realizó añadiendo un elemento de regulación (obstáculo, como se denomina en el software) en la entrada de cada una de las 3 ramas del circuito de impulsión, generando una pérdida de carga que debía vencer el ventilador, para realizar el ajuste final se fue variando el tamaño de las rejillas generando así unas pérdidas de carga mayores que favorecían el equilibrado del sistema. Finalmente el resultado obtenido fue bastante satisfactorio y el sistema resultante está casi equilibrado totalmente.

- El circuito de extracción se colocó en el fondo del foso, de forma que los conductos discurren por el borde inferior de la pared. Este sistema tiene la misma forma ramificada que el sistema de impulsión. Por tanto, el proceso de equilibrado que se utilizó una vez realizado el prediseño, fue el mismo que en el caso anterior, colocar un obstáculo en cada una de las ramas del sistema y variar el tamaño de las rejillas, pero en este caso el resultado no es tan satisfactorio como en el caso anterior, y es necesario el uso de 2 rejillas de regulación en las unidades terminales que no se consiguen equilibrar de forma adecuada.

Posteriormente se procedió al cálculo del sistema push-pull.

- En primer lugar fue necesario dimensionar la zona acción del sistema, para ello se creó una tabla con dimensiones de vehículos y se delimitó la zona necesaria.
- El siguiente paso fue seleccionar el tipo de orificio o boca de impulsión. Se seleccionaron toberas de catálogos comerciales, en concreto se decidió utilizar una boquilla esférica de la compañía Koolair.
- Utilizando la referencia [1] se calcularon los diversos parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de impulsión.
- Para el sistema de extracción se optó por utilizar rejillas de captura, ya que la opción de utilizar campanas de extracción del tamaño necesario no estaba contemplada en el software.
- Para los parámetros del sistema de extracción se utilizaron ecuaciones que relacionan los valores del parámetro en la salida de impulsión, con los valores del parámetro situado a una distancia del orificio de impulsión.
- Una vez calculados estos parámetros, el sistema se implementó en el software y los resultados fueron totalmente satisfactorios, ya que el sistema obtenido no necesitó de ningún ajuste para funcionar correctamente.

Para las líneas de vehículos pesados se optó por una configuración con manguera flexible a fin de aportar la versatilidad necesaria en el sistema, debido a la gran variedad de localizaciones en la que se podía encontrar el escape de este tipo de vehículos.

- Para el diseño de este sistema se partió de valores representados en un catálogo de la compañía Kemper.
- Los valores conocidos eran el caudal de extracción, la longitud y el diámetro de la manguera.

- Una vez conocíamos esto se procedió a su diseño en el software, para poder representar de alguna forma las pérdidas de presión generadas por la variación de forma del conducto flexible, por lo que se obtuvo una longitud equivalente debida a estas curvaturas.
- Tras el estudio de los resultados y de catálogos comerciales de conductos flexibles se pudo concluir que el sistema funciona perfectamente, pero que aumentando un poco el diámetro del conducto se podría mejorar, ya que la velocidad resultante en el conducto era un poco alta.

Una vez que todos los sistemas calculados se procedió a la selección del ventilador, para ello se utilizó el software Sodeca QuickFan, este software permite seleccionar el ventilador conocidos los valores de presión necesaria y caudal, que son justo los que da como resultado el cálculo con el software de dmELECT. A parte de estos valores hay que indicar el tipo de ventilador que se quiere utilizar, (axial, radial, etc.) y el tipo de material, nivel de ruido, etc.

Posteriormente y utilizando el resultado de mediciones que resulta del software se procedió a la redacción de un presupuesto, para ello se utilizaron bases de datos que aportaron los fabricantes de los diversos componentes, y la página web [www.generadordeprecios.com](http://www.generadordeprecios.com)

Para concluir, y a modo de conclusión general, se puede decir que los sistemas calculados en este trabajo deben funcionar satisfactoriamente, y cumplir con la normativa de aplicación y el objetivo para el que han sido diseñados.

El software utilizado en general ha resultado adecuado al propósito de diseño y dimensionado de las instalaciones objeto de estudio. Aunque el equilibrado de los sistemas presenta ciertas dificultades. Otras mejoras interesantes serían habilitar la posibilidad de resolver sistemas en anillo, y disponer de una base de datos de ventiladores.

## Normativa y Bibliografía

### Normativa

- DIN 1946 Renovaciones por hora de aire limpio
- UNE-EN ISO 1751 sobre Ventilación de edificios. Unidades terminales de aire. Ensayos aerodinámicos de compuertas y válvulas
- CR 1752 sobre Ventilación de edificios. Design criteria for the indoor environment
- UNE-EN V 12097 sobre Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos
- UNE-EN 12237 sobre Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica
- UNE-EN 12599 sobre Ventilación de edificios. Procedimiento de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización
- UNE-EN 13053 sobre Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y rendimiento de unidades, componentes y secciones
- UNE-EN 13403 sobre Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material aislante
- UNE-EN 13779 sobre Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos
- UNE-EN 13180 sobre Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones y requisitos mecánicos para conductos flexibles
- UNE-EN ISO 7730 sobre Ergonomía del ambiente térmico
- UNE-EN ISO 12502 sobre Aislamiento térmico para equipos de edificaciones e instalaciones industriales
- UNE-EN 60034 sobre Máquinas eléctricas rotativas
- UNE 100012 sobre Higienización de sistemas de climatización
- UNE 100100, UNE 100155 y UNE 100156 sobre Climatización
- ISO 9001:2015 Calidad
- UNE 100166. Ventilación de aparcamiento (2004)
- UNE 23301. Equipos de detección de la concentración de monóxido de carbono en garajes y aparcamientos (1988)
- UNE EN 1505. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección rectangular. Dimensiones (1999)
- UNE EN 1506. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección circular. Dimensiones (2007)
- UNE EN 12101-2. Sistemas para el control de humos y de calor. Parte 2. Especificaciones para aireadores naturales de extracción de humos y calor (2004)
- UNE EN 12101-3. Sistemas para el control de humos y de calor. Parte 3. Especificaciones para aireadores naturales de extracción de humos y calor (2006)
- UNE EN 12101-6. Sistemas para el control de humos y de calor. Parte 6. Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión. Equipos (2006)

- UNE EN 12101-7. Sistemas para el control de humos y de calor. Parte 7. Secciones de conducto de humo (2013)
- UNE EN 12101-8. Sistemas para el control de humos y de calor. Parte 8. Compuertas para control de humo (2015)
- UNE EN15239. Eficiencia energética ventilación. (2007)
- UNE 000779 Filtros partículas
- UNE 015805. Filtros ventilación general
- NTP 223. Trabajos en recintos confinados. INSHT. NIPO: 211-89-2020-3
- NTP 741. Ventilación general por dilución. INSHT
- ITE-02-03. Ruido instalaciones ventilación
- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- RD 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE
- RD 681-2003 de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. BOE 145 18-06-2003
- RD 490/1997, de 14 de abril. Dimensiones de vehículos.
- Anexo I de la Directiva 70/156/CEE (dimensiones vehículos)
- Corrección de errores del Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos
- RD 681/2003, Atmosferas explosivas.

### Libros y artículos técnicos

- [1] Industrial Ventilation: a Manual of Recommended Practice. 26th Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienist, Inc. Cincinnati. Ohio. USA. ACGIH, 1995
- [2] Industrial Ventilation. Design Guidebook. H. Goodfellow, E. Tähti. Ed. Academic Press, 2001. London. Orlando (Florida) EEUU
- [3] ASHRAE Handbook. Fundamentals. 2005. Atlanta (EEUU). ISBN: 1-931862-70-2
- [4] Guidance managing risks exposure diesel exhaust in the workplace. Safe work Australia. October 2015
- [5] BE370: Air Conditioning Systems & Plant. Heating, ventilating and air conditioning. Analysis and design. F.C McQuiston y J.D parker. 3ª Edition, 1988. John Wiley and Sons, Inc
- [6] Improving Fan System Performance. A sourcebook for industry. U.S Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy 1989
- [7] Aerodynamic Characteristics and design Guidelines of Push-Pull Ventilation Systems. R.F. Huang et al. Annals of Occupational Hygiene, 49, 1, pp: 1-15. 2005
- [8] Recommendations for the design of Push-Pull Ventilation Systems for Open Surface Tanks. M Robinson, D.B. Ingham. Annals of Occupational Hygiene, 40, 6, pp: 693-704. 1996

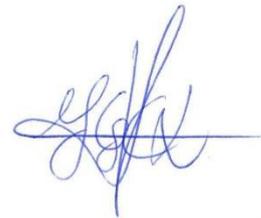
### Catálogos comerciales y manuales de programas de cálculo

- Catálogo general SODECA <http://sodeca.com>
- Catálogo general S&P. <http://www.soler-palau.com>

- Hojas Técnicas S&P.
- Catálogo de ventilación Salvador Escoda.
- Catálogo de extractores Kemper.
- Catálogo de bocas esféricas Koolair DF-89.
- Catálogo de unidades terminales Koolair serie 20-2.
- <https://www.aeca-itv.com/la-itv/la-itv-en-diez-pasos/> Procesos en una ITV
- [www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)
- Apuntes de clase de la asignatura Ingeniería de Fluidos y Máquinas Hidráulicas.
- Manual dmELECT.

Cartagena, 09 de Julio de 2019

Fdo.: Juan Gabriel Cava López





industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## Anexo I Dimensiones generales de vehículos



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

## ANEXO 1

En este anexo se detalla una tabla con las principales dimensiones de diversos modelos de vehículos que existen en el mercado, sirve para dimensionar el espacio de barrido de gases del sistema push-pull. De esta forma nos aseguramos que el sistema tiene el tamaño adecuado para no dejar escapar los gases de escape contaminantes.

DIMENSIONES VEHICULOS.			
PEQUEÑOS UTILITARIOS			
MODELO	LARGO(mm)	ANCHO(mm)	ALTO(mm)
Audi A1 3p	3973	1740	1416
Audi A1 5p	3973	1746	1422
Citroen c1 3p	3466	1615	1460
Citroen c3	3941	1728	1524
Fiat 500	3571	1627	1488
Ford ka	3620	1658	1505
Hyundai i10	3665	1160	1500
Kia picanto	3595	1595	1480
Lancia ypsilon	3842	1676	1517
Mazda 2	4060	1695	1495
Mini cooper	3821	1727	1414
Nissan Micra	3825	1665	1510
Opel karl	3675	1604	1476
Peugeot 108	3475	1615	1460
Peugeot 208	3973	1739	1460
Renault clio	4062	1732	1448
Renault twingo	3595	1646	1554
Seat ibiza	4061	1693	1445
Seat mii	3557	1641	1478
Smart fourfour	3495	1665	1554
Smart fortwo	2695	1663	1555
Toyota Aygo	3455	1615	1460
vw polo	3972	1682	1453
vw up	3540	1641	1478
COMPACTOS			
Alfa giulietta	4351	1798	1465
Audi A3	4237	1777	1421

BMW Serie 1	4329	1765	1421
Citroen c4	4329	1789	1489
Fiat punto	4065	1687	1490
Ford focus	4358	1823	1484
Honda Civic	4370	1770	1470
Kia ceed	4310	1780	1470
Lexus ct200	4350	1765	1450
Mazda 3	4465	1795	1450
Mercedes A	4299	1780	1433
Nissan Pulsar	4387	1768	1520
Opel Astra	4370	1871	1485
Peugeot 308	4253	1804	1467
Renault Megane	4359	1814	1447
Seat Leon	4263	1816	1459
Toyota auris	4330	1760	1475
vw golf	4255	1790	1452
Berlinas pequeñas y coupes			
Audi A4	4726	1842	1427
bmw s3	4633	1811	1429
bmw s4	4638	1825	1377
citroen c5	4779	1860	1458
Ford Mondeo	4871	1852	1482
Infinity Q50	4790	1820	1445
Audi a5	4626	1854	1372
Jaguar xe	4672	1850	1416
Lexus IS	4665	1810	1430
Mercedes cla	4630	1777	1432
Mercedes c	4686	1810	1442
Opel insignia	4842	1858	1498
Peugeot 508	4830	1828	1456
Renault talisman	4848	1869	1463
Seat Toledo	4482	1706	1461
Skoda octavia	4659	1814	1461
Toyota prius	4540	1760	1470
vw passat	4767	1832	1456
volvo s60	4635	1865	1484
Berlinas grandes			
Audi a8	5135	1949	1460
Audi a6	4933	1874	1455
bmw s5	4907	1860	1464
bmw s7	5098	1902	1478
infinity q70	4980	1845	1493
jaguar xf	4954	1889	1457

jaguar xj	5130	1899	1460
Lexus ls 600	5090	1875	1480
Mazda 6	4865	1840	1450
porsche panamera	5015	1931	1418
Mercedes e	4923	1852	1468
Mercedes s	5116	1899	1496
SUV, TODOTERRENOS Y MONOVOLUMEN			
Audi q7	5052	1968	1741
Audi q5	4629	1898	1627
bmw x1	4439	1821	1598
bmw x5	4886	1938	1762
bmw x6	4909	1989	1702
citroen c4 picasso	4428	1826	1613
Dacia duster	4315	1822	1630
Fiat 500l	4147	1784	1665
Ford smax	4796	1916	1655
Ford kuga	4524	1838	1699
Honda cr-v	4605	1820	1685
Hyundai tucson	4475	1850	1645
Infinity qx70	4865	1925	1680
Jeep cherokee	4623	1859	1669
Kia sorento	4780	1890	1690
kia sportage	4480	1855	1635
Land Rover evoque	4371		1660
Land Rover sport	4850	1983	1780
Mazda cx5	4555	1840	1670
Mercedes b	4393	1786	1557
Mercedes gl	5120	1934	1850
Mercedes glc	4656	1890	1644
Mercedes gla	4417	1804	1494
Mitsubishi outlander	4695	1810	1680
Nissan juke	4135	1765	1565
Nissan note	4100	1695	1530
Nissan navara	5300	1850	1805
Nissan xtral	4643	1820	1695
Opel meriva	4300	1912	1615
opel zafira	4658	1928	1685
Peugeot 3008	4365	1837	1639
Peugeot 5008	4529	1837	1639
Porsche cayenne	4855	1939	1705
Renault kadjar	4449	1836	1607
Seat ateca	4363	1841	1601
ssanyong korando	4410	1830	1675
ssanyong rhodius	5130	1915	1815
Subaru forester	4595	1795	1735

Toyota rav4	4605	1845	1675
Toyota verso	4460	1741	1620
Toyota hilux	5260	1835	1860
vw tiguan	4486	1839	1632
vw touareg	4801	1940	1709
vw touran	4527	1829	1659
volvo xc70	4838	1876	1604
VEHICULOS MIXTOS ADAPTABLES			
Citroen berlingo	4384	1810	1801
Citroen nemo	3959	1716	1721
Dacia dokker	4363	1751	1814
Fiat doblo	4406	1832	1845
Ford tourneo	4418	1835	1852
Ford courier	4157	1764	1723
Mercedes citan	4321	1829	1809
Nissan evalia	4400	1695	1850
Opel combo	4390	1831	1845
Renault kangoo	4282	1829	1898
Renault kangoo L	4597	1829	1802
vw caddy	4405	1794	1822
FURGONETAS			
Citroen Jumper	4963	2050	2254
Citroen Jumpy xl	5309	1920	1890
Fiat ducato L	5413	2050	2524
Ford tourneo L	5339	1986	1976
Peugeot expert	4805	1895	1942
Renault traffic L	5399	1956	1971
vw t6 multivan	4904	1904	1970
Mercedes v L	5370	1930	1880
Mercedes sprinter	5585	1933	
Renault master	5048	2070	2310
Ford transit	5680	2374	2330



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

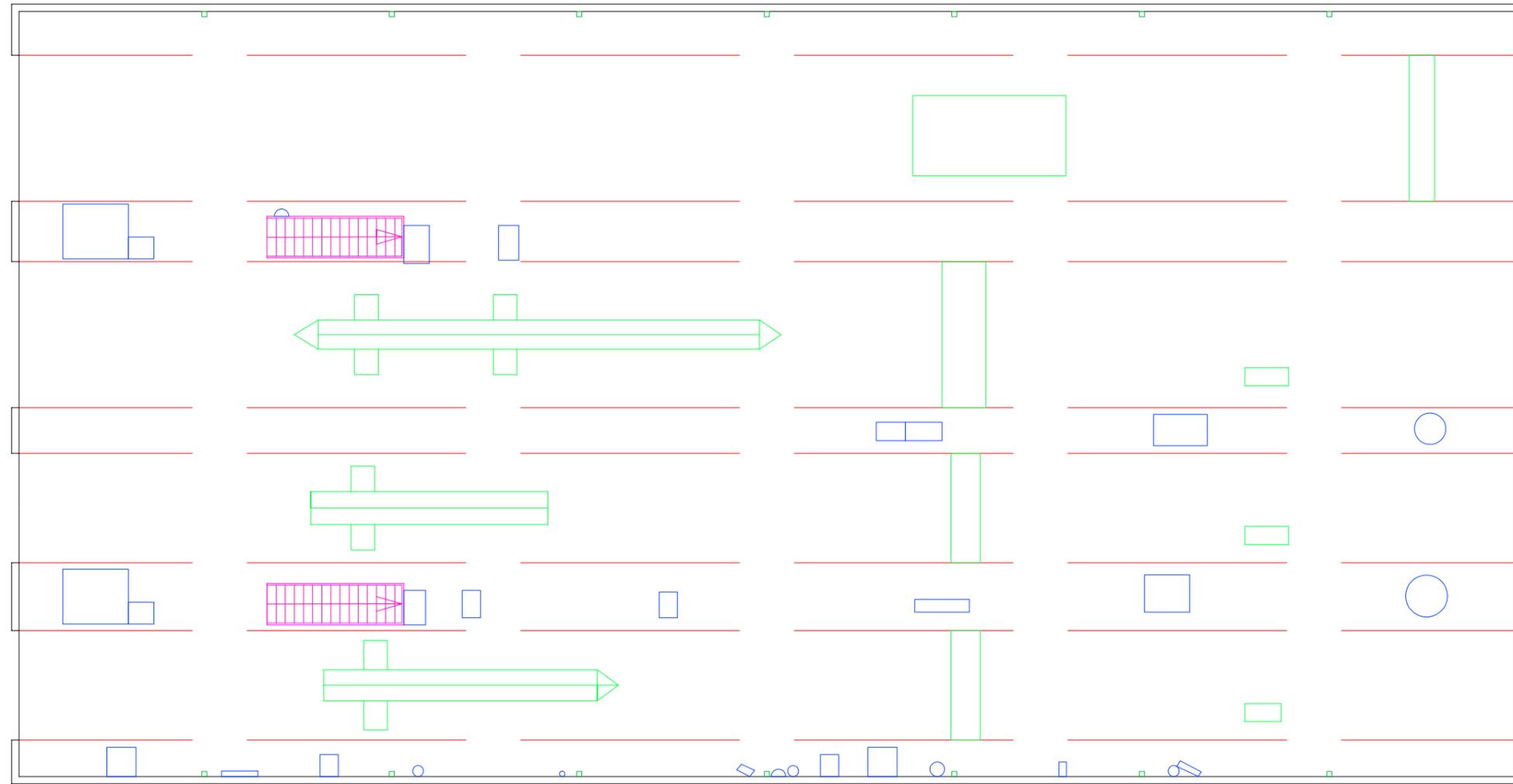
# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## Anexo II Planos



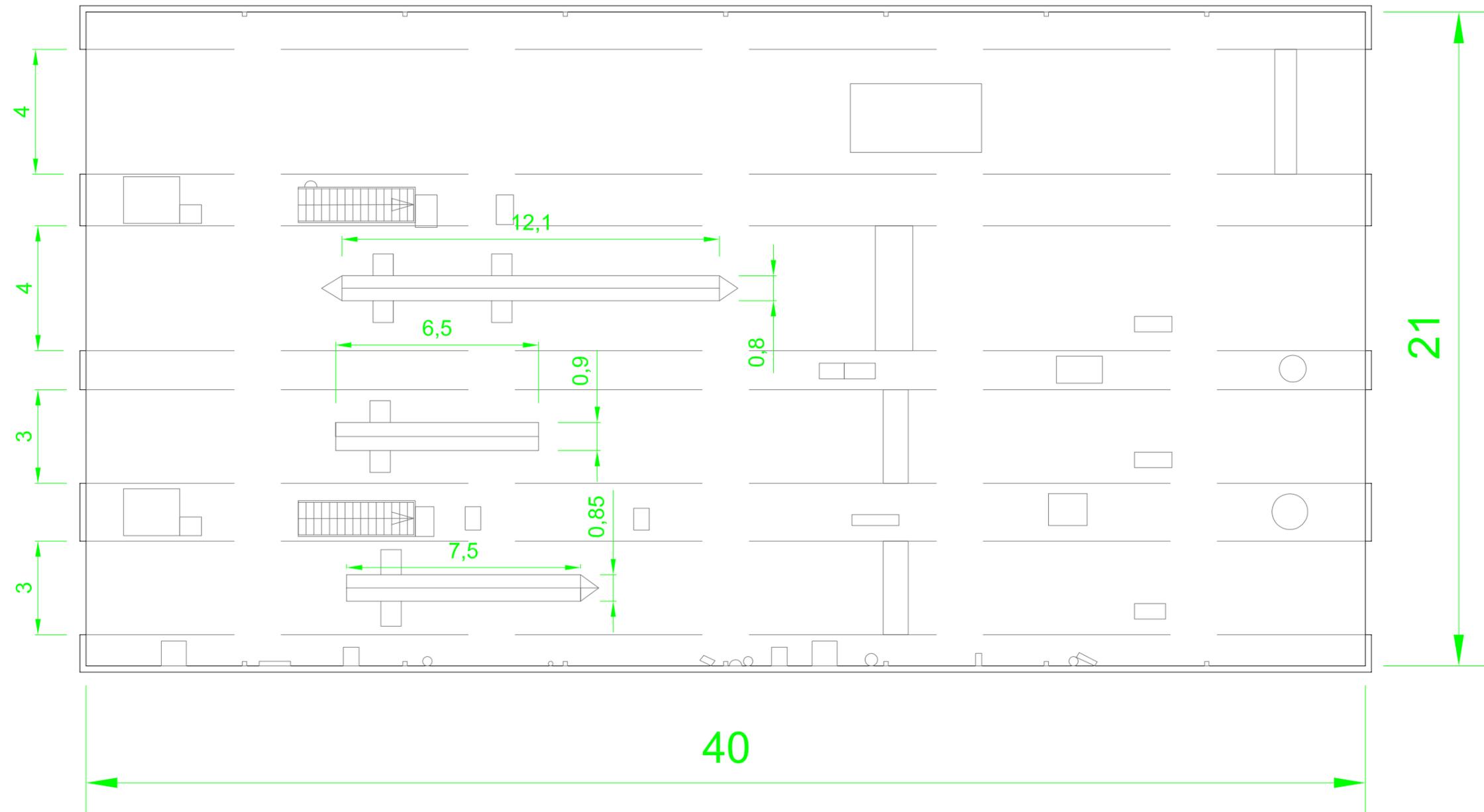
Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



LEYENDA	
	PAREDES DE LA NAVE
	FOSOS, ELEVADOR Y RODILLOS HIDRÁULICOS
	CAJAS HIDRÁULICAS Y APARATOS DE MEDIDA
	ESCALERAS DE BAJADA A FOSOS
	CARRILES DE CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS
	PILARES DE PÓRTICOS

<b>PLANO: PLANTA DE LA NAVE</b>		<b>1</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/150	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		





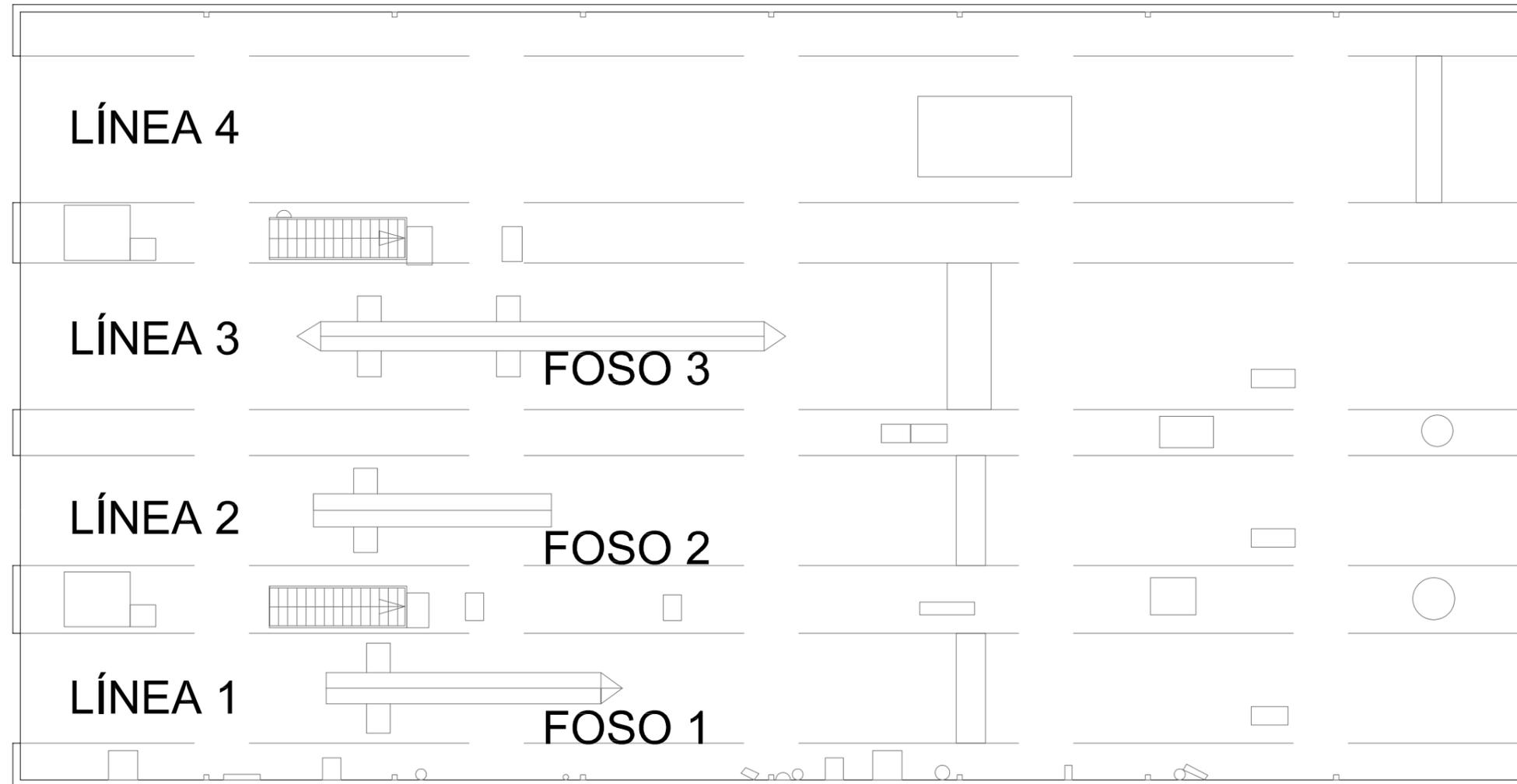
<b>PLANO: PRINCIPALES COTAS</b>		<b>2</b>
TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/150	
PETICIONARIO TÜV Reinhold	AUTOR JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		

PUERTA  
SALIDA 4

PUERTA  
SALIDA 3

PUERTA  
SALIDA 2

PUERTA  
SALIDA 1



PUERTA  
ENTRADA 4

PUERTA  
ENTRADA 3

PUERTA  
ENTRADA 2

PUERTA  
ENTRADA 1

PLANO: DESCRIPCIÓN PARA TEXTO

3

TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

FECHA: JUN/2019

ESCALA: 1/150

PETICIONARIO

AUTOR

TÜV Reinhold

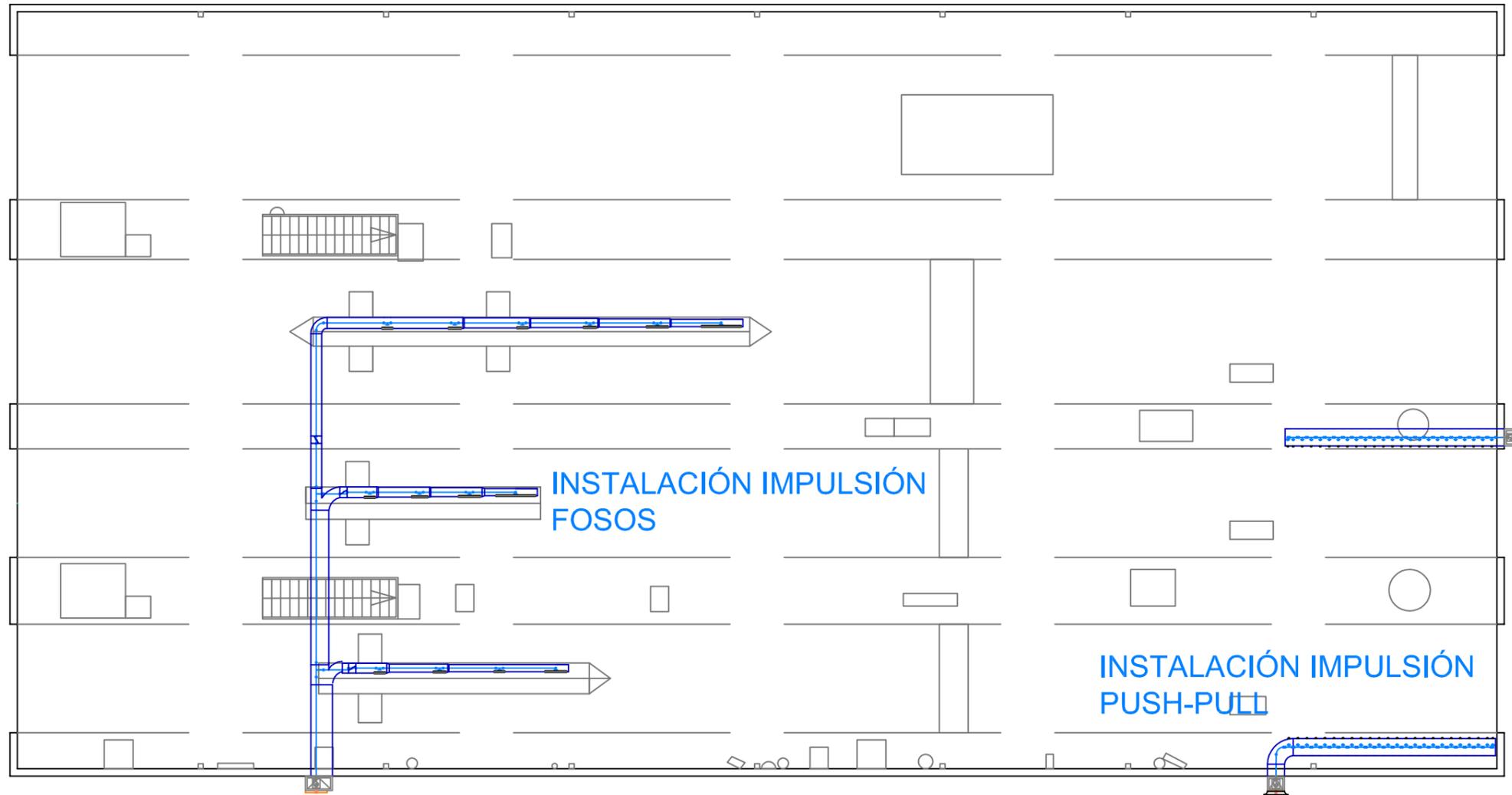
JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ

SITUACIÓN

CARRETERA DE LA ASOMADA S.N.  
30353 CARTAGENA (MURCIA)

ETSII/UPCT



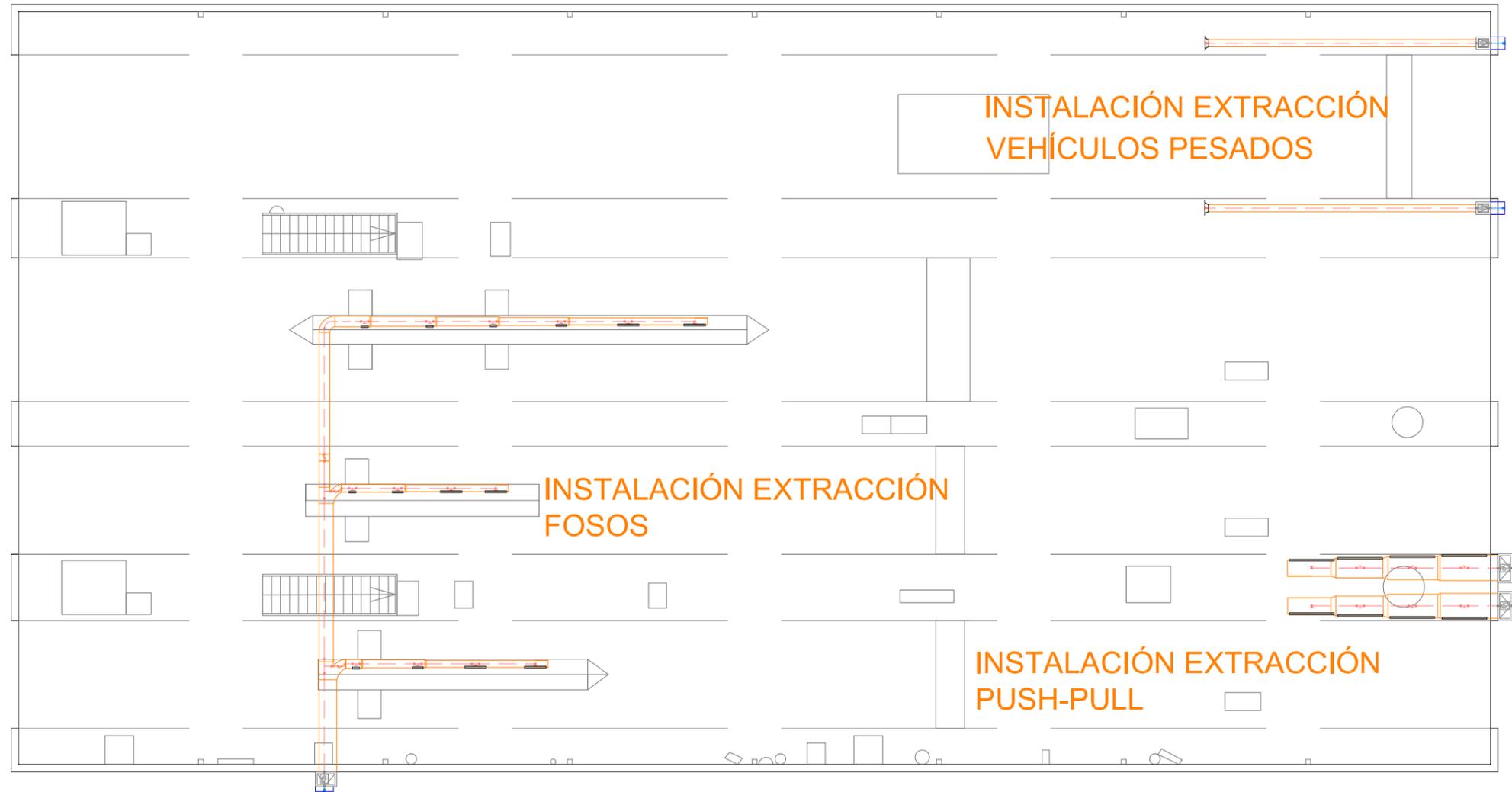


LEYENDA

-  CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN
-  CONDUCTOS DE IMPULSIÓN
-  VENTILADOR/EXTRACTOR
-  REJILLA
-  TOBERA ESFÉRICA

<b>PLANO: SISTEMAS DE IMPULSIÓN</b>		<b>4</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/150	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		

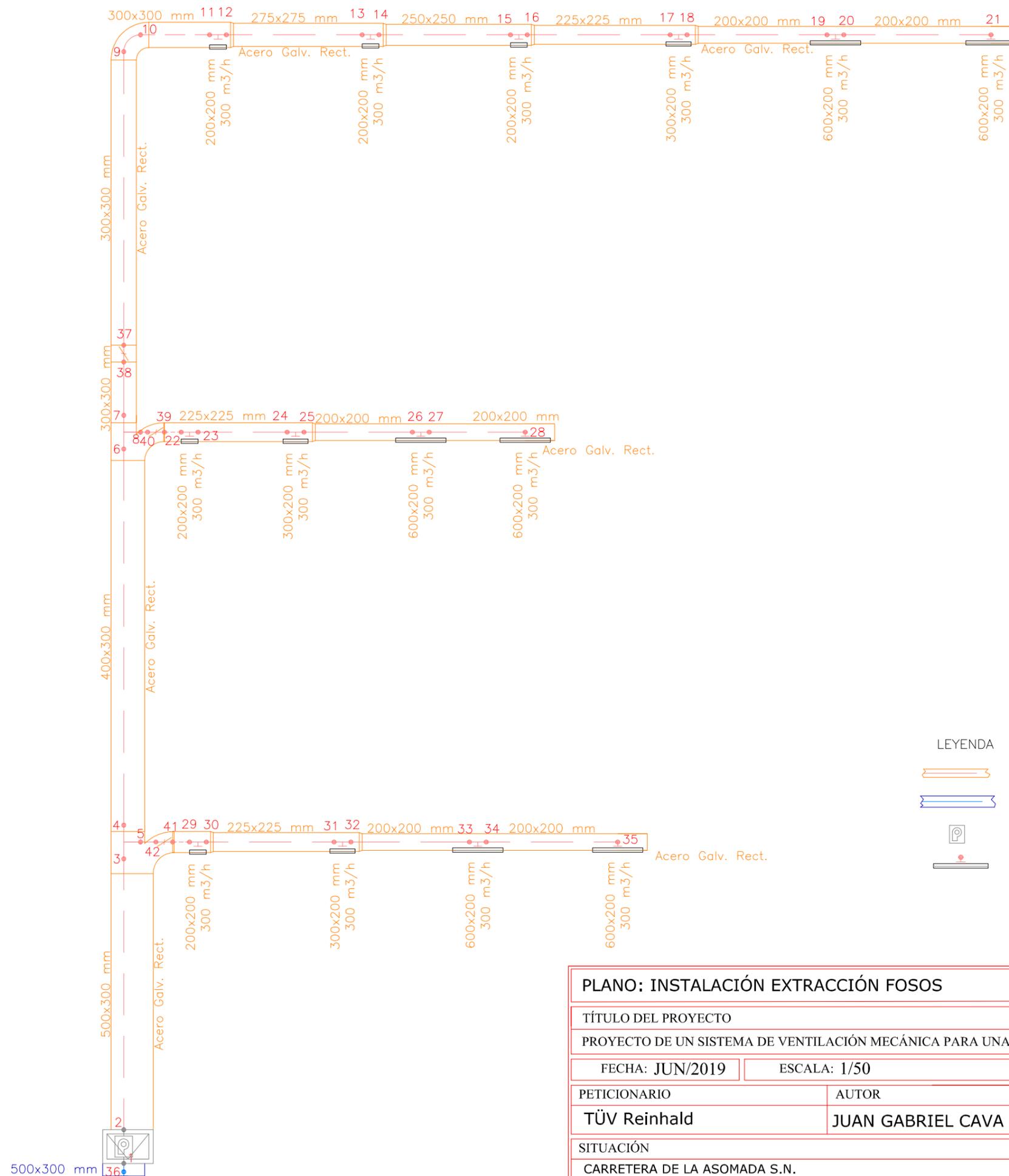




- LEYENDA
-  CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN
  -  CONDUCTOS DE IMPULSIÓN
  -  VENTILADOR/EXTRACTOR
  -  REJILLA

<b>PLANO: SISTEMAS DE EXTRACCIÓN</b>		<b>5</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/150	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		

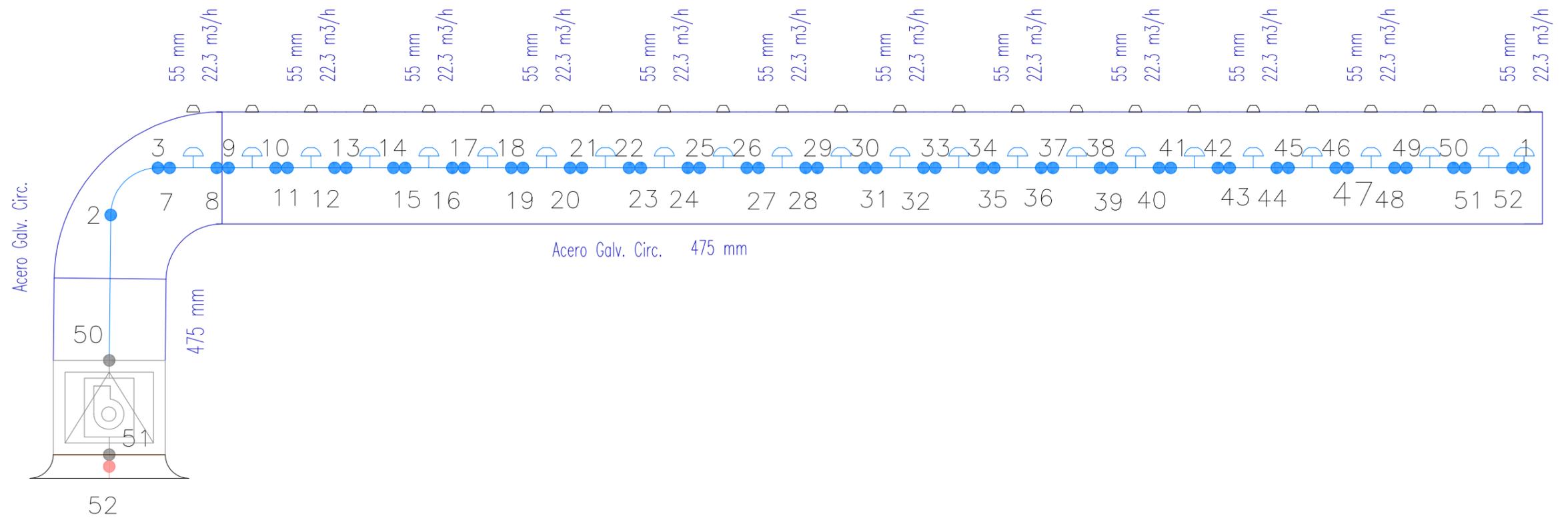




<b>PLANO: INSTALACIÓN EXTRACCIÓN FOSOS</b>		<b>6</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/50	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		



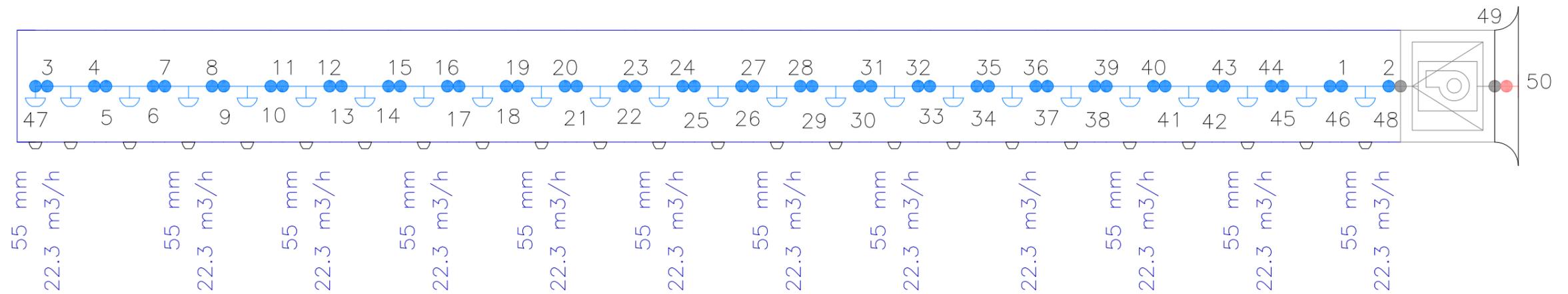




LEYENDA

-  CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN
-  CONDUCTOS DE IMPULSIÓN
-  VENTILADOR/EXTRACTOR
-  REJILLA

<b>PLANO: INSTALACIÓN IMPULSIÓN PUSH-PULL LÍNEA 1</b>		<b>8</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/20	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		
		



LEYENDA



CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN



CONDUCTOS DE IMPULSIÓN



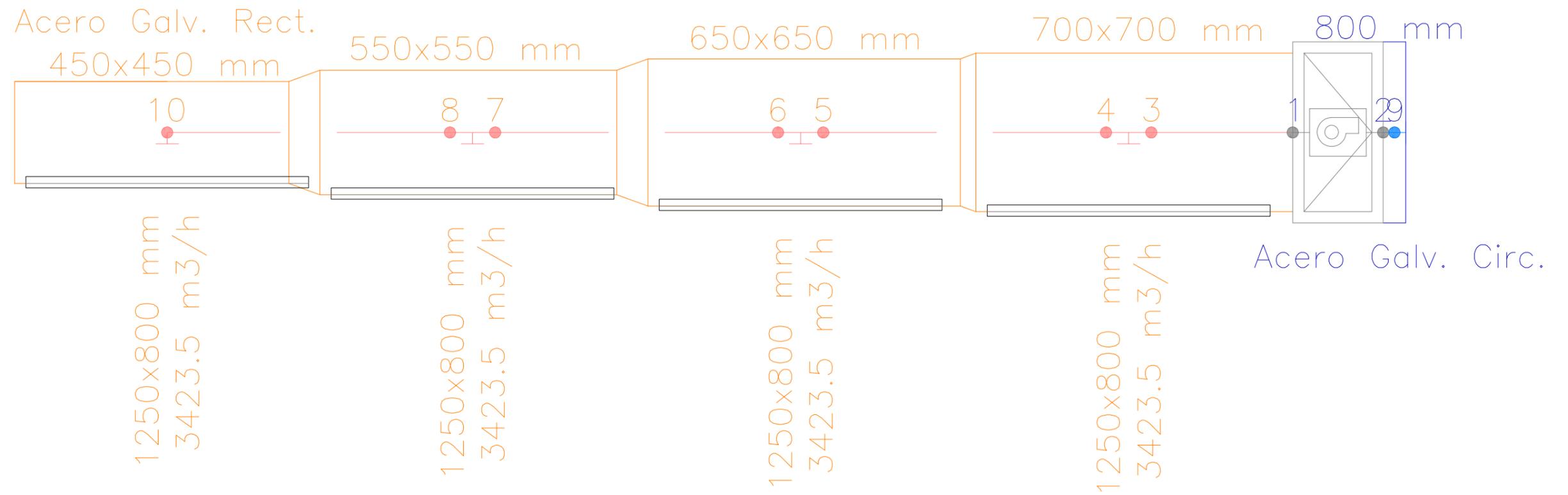
VENTILADOR/EXTRACTOR



REJILLA

<b>PLANO: INSTALACIÓN IMPULSIÓN PUSH-PULL LÍNEA 2</b>		<b>9</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/20	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		



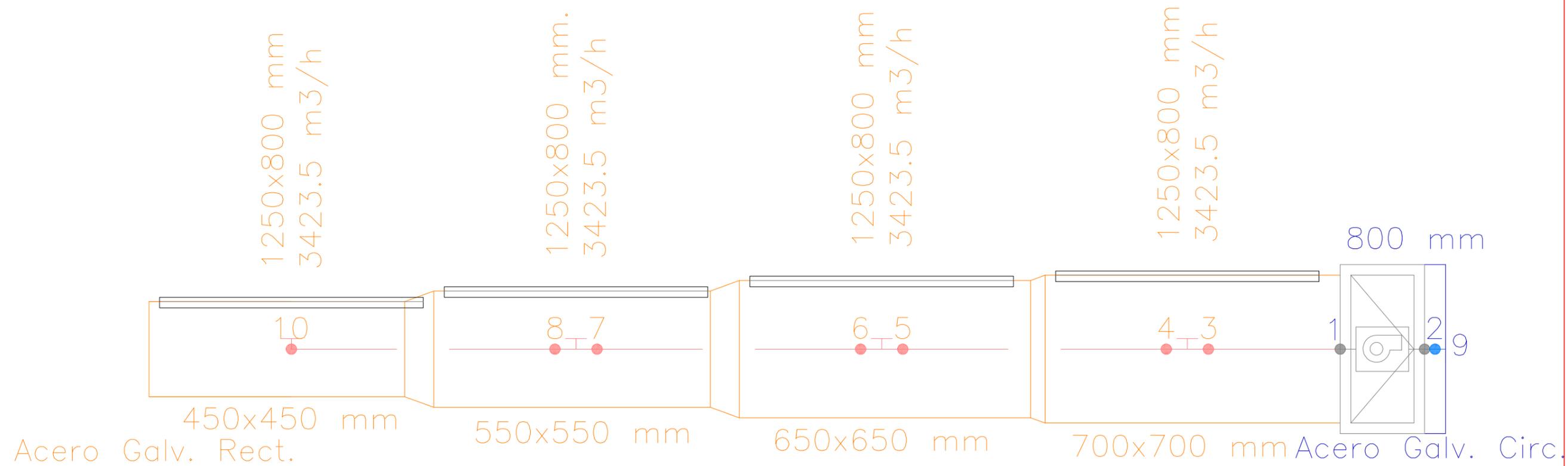


LEYENDA

-  CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN
-  CONDUCTOS DE IMPULSIÓN
-  VENTILADOR/EXTRACTOR
-  REJILLA

<b>PLANO: INSTALACIÓN EXTRACCIÓN PUSH-PULL LÍNEA 1</b>		<b>10</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/20	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		





LEYENDA



CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN



CONDUCTOS DE IMPULSIÓN



VENTILADOR/EXTRACTOR



REJILLA

PLANO: INSTALACIÓN EXTRACCIÓN PUSH-PULL LÍNEA 2

11

TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

FECHA: JUN/2019

ESCALA: 1/20

PETICIONARIO

AUTOR

TÜV Reinhold

JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ

SITUACIÓN

CARRETERA DE LA ASOMADA S.N.  
30353 CARTAGENA (MURCIA)

ETSII/UPCT





LEYENDA



CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN



CONDUCTOS DE IMPULSIÓN



VENTILADOR/EXTRACTOR



REJILLA

<b>PLANO: INSTALACIÓN EXTRACCIÓN VEHÍCULOS PESADOS</b>		<b>12</b>
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROYECTO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA UNA NAVE DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS		
FECHA: JUN/2019	ESCALA: 1/20	
PETICIONARIO	AUTOR	
TÜV Reinhold	JUAN GABRIEL CAVA LÓPEZ	
SITUACIÓN		
CARRETERA DE LA ASOMADA S.N. 30353 CARTAGENA (MURCIA)		
		