



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA LOCALIDAD DE RIBARROJA DEL TURIA (VALENCIA)

AUTORA: IRENE MARTÍNEZ REVERTE

TUTOR: JOSÉ LUIS FUENTES BARGUES

COTUTOR: JOSÉ ANTONIO DURA TAMARIT

Curso Académico: 2017-18



RESUMEN

El trabajo se basa en un proyecto de almacenamiento de productos químicos como consecuencia del traslado de una empresa de cosméticos a Ribarroja del Turia (Valencia).

Para el desarrollo del proyecto es necesario el estudio de los productos, a nivel individual y en conjunto. Para ello clasificarán los productos, y se realizará el diseño del parque de almacenamiento sujeto a la normativa vigente y a los requerimientos del cliente. Para un correcto diseño de la instalación de almacenamiento la normativa establece unas condiciones: la existencia de pavimento en la planta industrial, cerramientos, venteos y alivio de presión en los depósitos.

Además, se garantiza la seguridad de la instalación por la implementación de sistemas de protección contra el fuego y contra el rayo.

Para reforzar la seguridad de los trabajadores y el buen mantenimiento de las instalaciones, se darán unas instrucciones de uso y conservación. Por último, se presentará al promotor el presupuesto de la inversión.

Palabras clave: almacenamiento, productos químicos, diseño, normativa, depósitos, seguridad.



RESUM

El treball es basa en un projecte d'emmagatzematge de productes químics com a conseqüència del trasllat d'una empresa de cosmètics a Riba-roja del Turia (València).

Per al desenvolupament del projecte és necessari l'estudi dels productes, a nivell individual i en conjunt. Per això es classificaran els productes, i es realitzarà el disseny del parc d'emmagatzematge subjecte a la normativa vigent i als requisits del client. Per a un correcte disseny de la instal·lació d'emmagatzematge la normativa estableix unes condicions: l'existència de paviment en la planta industrial, tancaments, vents i alleujament de pressió en els dipòsits.

A més, es garanteix la seguretat de la instal·lació per la implementació de sistemes de protecció contra el foc i contra el raig.

Per reforçar la seguretat dels treballadors i el bon manteniment de les instal·lacions, es donen instruccions d'ús i conservació. Per últim, es presentarà al promotor el pressupost de l'inversió.

Paraules clau: emmagatzematge, productes químics, disseny, normativa, dipòsits, seguretat.



ABSTRACT

The work is based on a project to store chemical products as a result of the transfer of a cosmetic company to Ribarroja del Turia (Valencia).

For the development of the project it is necessary to study the products, individually and in conjunction. For this they will classify the products, and the design of the storage park will be carried out subject to the current regulations and to the client's requirements. For a correct design of the storage installation the regulation establishes conditions: the existence of pavement in the industrial plant, enclosures, vents and relief of pressure in the deposits.

In addition, the security of the installation is guaranteed by the implementation of fire and lightning protection systems.

In order to strengthen the safety of the workers and the good maintenance of the facilities, instructions for use and conservation will be given. Finally, the investment budget will be presented to the developer.

Keywords: storage, chemicals, design, regulations, deposits, security.



INDICE GENERAL

A-MEMORIA.....	9
B-PRESUPUESTO.....	84
C-PLANOS.....	97
D-ANEJOS.....	112



INDICE MEMORIA

1. Introducción	10
2. Objeto y Alcance	11
3. Justificación	12
4. Normativa de Aplicación	13
5. Emplazamiento	13
6. Descripción del Proceso y de los productos químicos a almacenar	15
6.1. Descripción del Proceso	15
6.2 Descripción de los productos químicos a almacenar	16
6.2.1. Formaldehído	16
6.2.2 Ftalato de dibutilo	17
6.2.3. Tolueno	18
6.2.4. Nitrocelulosa	19
6.2.5. Acetato de etilo	20
7. Clasificación de los productos a almacenar	21
8. Compatibilidad del almacenamiento conjunto	22
9. Diseño del sistema de almacenamiento	24
9.1. Diseño de los tanques de almacenamiento	24
9.2. Diseño de los cubetos de almacenamiento	28
9.3. Medidas adicionales a instalar en los tanques de almacenamiento	37
10. Instalación de Almacenamiento	47
10.1. Cimentaciones de los tanques de almacenamiento	47
10.2. Cubetos de retención	48
10.3. Pavimento	50
10.4. movimiento de tierras	50
10.5. Cerramientos	50
10.6. Instalaciones de carga y descarga	51
10.7 Sistemas de venteo y alivio de presión	54
10.8. Instalación de Protección contra Incendios	55
10.8.1 Evacuación	58
10.8.2. Extintores	59
10.8.3. Sistema Manual de Alarma de Incendios	61



10.8.4. Red de Bocas de Incendios Equipadas	62
10.9. Instalación del sistema de protección contra el rayo.....	70
11. Instrucciones para el uso, conservación, y seguridad de la instalación.	80
12. Conclusiones	81
13. Bibliografía	81



INDICE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos del cliente.....	11
Tabla 2: Clasificación productos.....	22
Tabla 3: Requisitos de almacenamiento	24
Tabla 4: Características de los depósitos	26
Tabla 5: Modelos de los tanques.....	28
Tabla 6: Tanques cubeto 1	29
Tabla 7: Relación entre diámetro y generatriz de los tanques	30
Tabla 8: Distancias tanques cubeto 1.....	30
Tabla 9: Tanques cubeto 2	32
Tabla 10: Distancias tanques cubeto 2.....	33
Tabla 11: Distribución cubeto 2	34
Tabla 12: Distancias de seguridad entre instalaciones fijas	38
Tabla 13. Coeficientes de reducción por capacidad.....	40
Tabla 14: Coeficientes multiplicadores	41
Tabla 15: Coeficientes reductores por protección adicional.....	41
Tabla 16: Valores del coeficiente de peligrosidad.....	56
Tabla 17: Parámetros para calcular la densidad de carga.....	57
Tabla 18: Nivel de riesgo intrínseco	57
Tabla 19: Salidas de evacuación.....	58
Tabla 20: Dotación de extintores portátiles.....	59
Tabla 21: Tipo de BIE en función del riesgo intrínseco	62
Tabla 22: Parámetros para el cálculo del factor de fricción.....	69
Tabla 23: Determinación del coeficiente C1	73
Tabla 24: Coeficiente C2.....	73
Tabla 25: Coeficiente C3.....	73
Tabla 26: Coeficiente C4. Fuente: DB SUA 8	73
Tabla 27: Coeficiente C5.....	74
Tabla 28: Nivel de protección en función de la eficiencia	74
Tabla 29. información pararrayos	75
Tabla 30: Distancia D.....	76
Tabla 31: Información electrodos a enterrar	78
Tabla 32: Características conductor de bajada	79

INDICE FIGURAS

Figura 1: Emplazamiento.....	14
Figura 2: Parcela	14
Figura 3: Etiquetado solución acuosa de Formaldehído	17
Figura 4: Etiquetado Ftalato de Dibutilo	18
Figura 5: Etiquetado Tolueno	19
Figura 6: Etiquetado Nitrocelulosa.....	20
Figura 7:Etiquetado Acetato de Etilo	21
Figura 8: Depósito subterráneo de la marca Miraplas.....	27
Figura 9: Depósito superficial marca Biotanks	28
Figura 10: Distribución cubeto 1	31
Figura 11: Configuración interior pozos	35
Figura 12: Distancias tanques pozo 1.....	36
Figura 13: Distancias tanques pozo 2.....	37
Figura 14: Distribución planta alternativa 1.....	43
Figura 15: Distribución planta alternativa 2.....	44
Figura 16: Distribución planta alternativa 3.....	45
Figura 17: Distribución planta seleccionada	46
Figura 18: Canalización principal.....	49
Figura 19: Instalación sin puertas adicionales.....	51
Figura 20: Plano zonas carga y descarga	53
Figura 21: Plan de evacuación de emergencia	59
Figura 22: Distribución de extintores	61
Figura 23: Plano pulsadores manuales para la alarma de incendios	62
Figura 24: Plano de Bocas de Incendio Equipadas	64
Figura 25: Plano de Red de Bocas de Incendio Equipadas	65
Figura 26: Plano de Red de Bocas de Incendio Equipadas con distancias	66
Figura 27: Mapa de densidad de impactos sobre el terreno	72
Figura 28: Superficie equivalente, Ae.....	72
Figura 29: Vista lateral pararrayos PDC 6.4.....	75
Figura 30: Vista superior pararrayos PDC 6.4.....	75
Figura 31: Volumen protegido por el pararrayos.....	77
Figura 32: Anexo SUA B	77
Figura 33: Ubicación del pararrayos.....	77



A-MEMORIA

1.INTRODUCCIÓN

La instalación de un proceso industrial suele venir unido a la necesidad del uso de productos químicos, ya sea de forma directa por la necesidad de introducirlos en el proceso de producción, o de forma indirecta en operaciones auxiliares, como la limpieza. En cualquier caso, será necesario mantener el stock necesario operativo de productos químicos disponible para la producción, sin exceder los límites de almacenamiento, por lo tanto, estos productos necesitan ser almacenados para que la empresa pueda disponer de ellos cuando se necesite.

Para todas las empresas, será necesario diseñar las instalaciones de forma que sea segura la conservación y el uso de las sustancias químicas. Se deberá tener en cuenta que las instalaciones de almacenamiento de productos químicos están sujetas a normativa específica de seguridad, esto implica que deben ser inspeccionados periódicamente por técnicos especializados en la materia, comprobando que los elementos se encuentran en perfecto estado, y si no es así, tomar las medidas necesarias para que lo esté.

Cada tipo de producto químico tiene sus propias características, así como su propio peligro. Se debe estudiar la peligrosidad de cada producto por individual, y en conjunto, y asegurar que estén en unas condiciones en la instalación seguras para la empresa, sus trabajadores, y el medio ambiente. Para ello, el REACH (Reglamento de Registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas) impone una serie de normas que tienen como objetivo un alto nivel de protección humana y medioambiental. Para poder identificar los peligros y las medidas de seguridad, se cuenta con dos elementos fundamentales que deben acompañar al producto. Por una parte, se cuenta con la etiqueta, y con un mayor nivel de detalle, con la ficha de datos de seguridad.

Clasifican las sustancias en función del tipo de peligro:

- Peligros físicos (explosivos, comburentes, inflamables, etc.). Un H-200 en la etiqueta simboliza el peligro físico.
- Peligros para la salud (toxicidad, corrosión cutánea, carcinogenicidad, toxicidad para la reproducción, etc.) Un H-300 en la etiqueta simboliza el peligro para la salud.
- Peligros para el medio ambiente (peligro para el medio acuático o la capa de ozono). Un H-400 en la etiqueta simboliza el peligro para el medio ambiente.

El uso de productos químicos requiere el trasiego de estos. Es por ello por lo que los trabajadores encargados de las operaciones relacionadas con la carga y descarga, el almacenamiento, y en general todas las que puedan llevar a una situación de peligro, deberán adoptar las precauciones necesarias para no provocar una catástrofe, habiéndose formado previamente para ello.

Por lo tanto, la seguridad debe quedar garantizada en todo momento, en el trasiego, en el almacenamiento, y en el uso posterior. La instalación deberá minimizar cualquier tipo de riesgo, por lo que deberá estar preparada para cualquier imprevisto para que la consecuencia sea la mínima posible. Se deben identificar y precisar las actuaciones a realizar en la instalación para garantizar su seguridad y designar a las unidades de la organización que deben intervenir en su adecuada gestión.

Será el trabajo del ingeniero estudiar cuidadosamente la normativa de seguridad relacionada con el almacenamiento de los productos químicos, garantizar las condiciones técnicas de las instalaciones de

almacenamiento, agrupar los productos químicos garantizando su compatibilidad, estudiar las medidas necesarias para el trasiego de productos para que los trabajadores las lleven a cabo posteriormente, y establecer un plan de emergencias. Así, se garantizará la seguridad en la empresa.

Este trabajo, por lo tanto, recogerá el conjunto de decisiones tomadas para que se realice un proyecto sujeto a la necesidad del uso de productos químicos peligrosos, de manera segura.

2. OBJETO Y ALCANCE

Una empresa de fabricación de productos cosméticos ha tomado la decisión de trasladar su actividad a otro emplazamiento. Para la fabricación de estos productos cosméticos es necesario el uso de productos químicos en el proceso productivo, que pueden ser tóxicos y nocivos para el ser humano. Para el uso de estos es necesario su almacenamiento en la instalación en grandes cantidades.

El objeto del trabajo será el correcto diseño del parque de almacenamiento en un polígono industrial de la localidad Ribarroja del Turia de estos productos químicos, de los cuales se explicarán sus peligros y condiciones más adelante. Para ello, la instalación debe cumplir la normativa de seguridad para garantizar la seguridad en la empresa. Además, se deberá tener en cuenta las condiciones impuestas por el promotor.

Para ello, el gerente proporciona, según los datos de consumo actuales, las capacidades de almacenamiento necesarias para los diferentes productos, que se recogen Tabla 1:

TABLA 1: REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.

Producto	Nº Depósitos	Capacidad Total de Almacenamiento (m ³)	Características del Depósito	
Formaldehído	2	20	Superficie	Vertical
Ftato de dibutilo	1	30	Superficie	Vertical
Tolueno	2	30	Enterrado	Horizontal
Nitrocelulosa	2	25	Enterrado	Horizontal
Acetato de etilo	2	25	Superficie	Vertical

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se establecen unas limitaciones para el dimensionado de los depósitos:

1. Los depósitos serán cilíndricos, verticales u horizontales.
2. El diámetro máximo de los depósitos verticales será de 5 m.
3. La altura máxima será de 8 m.
4. Se deben de dimensionar los depósitos suponiendo de manera que se alcance la capacidad total de almacenamiento con un 80% de nivel máximo de llenado por seguridad.

El alcance es el estudio completo de los productos químicos necesarios para la fabricación de cosméticos, y su almacenamiento. Este almacenamiento se realizará en unos depósitos, por lo que se tendrá en cuenta el material de estos, las posibles incompatibilidades con los productos químicos, y las medidas de seguridad adicionales, si fueran necesarias. Se realizará el dimensionado de los depósitos según los datos proporcionados por el gerente, y posteriormente se seleccionarán en un catálogo para poder realizar el presupuesto de una manera muy realista.

También se hará el dimensionado del parque de almacenamiento, es decir, los cubetos, los cargaderos, y las distancias a elementos de la planta industrial. Los cubetos son los encargados de almacenar distintos depósitos, y también están sujetos a unas normas de seguridad importantes. Se tendrá en cuenta el volumen mínimo de estos, por si hubiera fugas; los depósitos que se pueden almacenar en un mismo cubeto, que dependen de la clase de producto que tienen en su interior; y también la altura de sus muros.

Además, se estudiarán diferentes alternativas de distribución de la planta, y se elegirá una que además de cumplir la normativa de las distancias a elementos en una planta industrial, sea óptima en cuanto a presupuesto y plazos. Para ello, se estudiará detenidamente la normativa de almacenamiento de productos químicos, y en todo momento se justificarán las decisiones tomadas en relación a esta.

Es requisito de la propiedad que se diseñen instalaciones de protección contra el rayo, por si hubiera una tormenta eléctrica, y contra incendios.

De forma resumida, este sería el alcance del trabajo:

- Dimensionado de los Depósitos de Almacenamiento y en caso posible, seleccionado de catálogos de fabricantes.
- Dimensionado del parque de almacenamiento: cubeto, cargaderos, distancias a elementos de la planta industrial, etc.
- Justificación del cumplimiento de los diferentes aspectos de la normativa de almacenamiento de productos químicos.
- Distribución en planta del parque de almacenamiento, estudiando varias alternativas.
- Diseño de las instalaciones de protección contra el rayo y de la instalación contra incendios.

3. JUSTIFICACIÓN

La realización del Trabajo de Fin de Grado es un requisito indispensable para la obtención del título de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales. Con este trabajo se busca integrar los conocimientos adquiridos durante los estudios mediante el desarrollo de un proyecto. El proyecto busca cumplir las necesidades del cliente, dueño de una empresa de cosméticos, que busca ampliar su producción y sus ventas mediante el traslado a una parcela mayor a la que estaba antes. Para ello, se deben cumplir unas normas de seguridad que garanticen la seguridad de la empresa, tanto de las instalaciones como de sus trabajadores, y del medio ambiente.

El proyecto abarca los recursos humanos, tecnológicos, financieros, materiales y de información de la empresa. Este trabajo por lo tanto es un ejemplo práctico de la labor de un ingeniero industrial en un

proyecto, que debe promover la seguridad, debe evaluar las acciones previstas, realizar investigaciones sobre el impacto de sus actuaciones, y a su vez, hacer un buen uso de los recursos disponibles, minimizando así el coste final.

4. NORMATIVA DE APLICACIÓN

El marco normativo se aplicará a las instalaciones de nueva construcción, así como a las ampliaciones o modificaciones de las existentes. El más significativo en el trabajo es el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RAPQ) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, de las que interesan las siguientes:

- ITC MIE APQ-0: *“Definiciones generales”*, RD 656/2017
- ITC MIE APQ-1: *“Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos”*, RD 656/2017

Además, el trabajo estará sujeto a otras normativas:

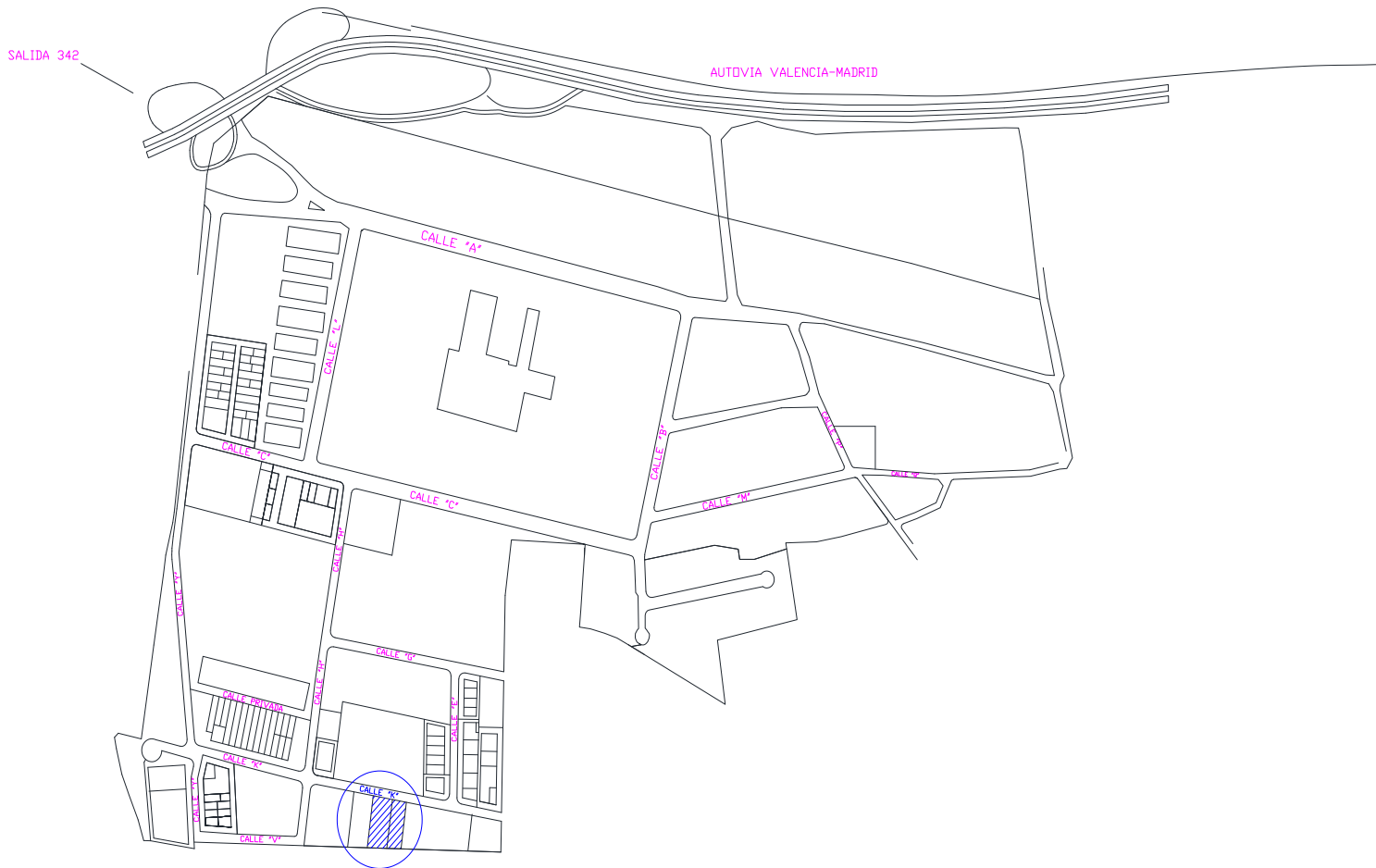
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- UNE 21186:2011: *Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado.*
- *Documento Básico de seguridad de utilización y accesibilidad*, más concretamente la Sección 8: *Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo (SUA 8)*; y el Anexo B: *Características de las instalaciones de protección frente al rayo (SUA B)*

5. EMPLAZAMIENTO

El emplazamiento donde se situará la empresa de cosméticos es la calle K del Polígono Industrial “El Oliveral” de Ribarroja del Turia (Valencia), en las parcelas número 4 y 5. La superficie tiene un total de 5178,66 m². Se sitúa en eje principal de ubicación de las empresas de almacenamiento y logística, ya que se ubican el 90% de las mismas en esta zona.

Su ubicación es excepcional ya que aprovechan la zona de cruce de las dos vías más importantes de la provincia que son la Autovía Centro Madrid – Valencia A-3 y la Autopista, Norte – Sur Mediterráneo A7/Ap7/ E-15.

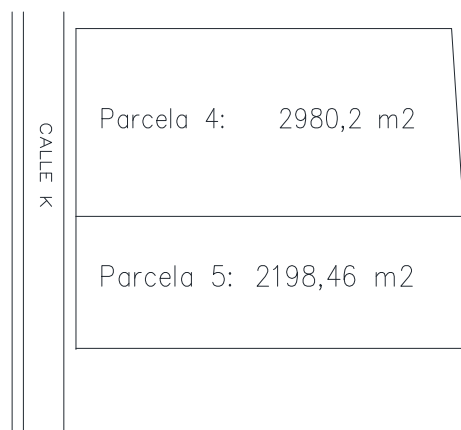
FIGURA 1: EMPLAZAMIENTO



FUENTE: AYUNTAMIENTO DE RIBARROJA

Las parcelas se pueden apreciar de forma más detallada en el siguiente plano (Figura 2):

FIGURA 2: PARCELA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En dicho emplazamiento está construida una nave industrial de 1780,78 m², donde se sitúa el proceso productivo, y cuenta con un primer piso, de 246,5 m², donde se encuentran las oficinas administrativas y el aseo.

Por lo que en la parcela queda una superficie libre de 3397,88 m². Parte de esta superficie, se aprovechará para aparcamientos. Habrá 18 plazas de 12,5 m² cada una, lo que equivale a un total de 225 m². El resto se usará en el almacenamiento de los tanques de productos químicos del proceso, y las zonas de carga y descarga.

La parcela quedará finalmente distribuida de la siguiente forma:

La norma urbanística de este polígono industrial, establece unas medidas a cumplir:

1. Altura de coronación máxima: 14 metros
2. Número máximo de plantas: 3

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS A ALMACENAR

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La empresa de cosméticos tiene la laca de uñas como principal producto, y es una sustancia coloreada o transparente que sirve para pintar uñas. Se puede definir la pintura como una mezcla heterogénea de componentes que una vez aplicada y seca, se transforma en una película continua de espesor más o menos uniforme, sin pegajosidad al tacto.

El uso de este producto surgió en la antigua realeza egipcia, cerca del año 3500 aC, en el que las mujeres egipcias aplicaban un tinte negro a sus uñas, y que era asociado a reinas y familia real de Egipto. Este tinte se conseguía a través de la henna, que pintaba las uñas de color naranja y al madurar se conseguían tonos marrones y rojos.

De la misma manera, en China, alrededor del año 3000 aC, el color de las uñas se asociaba al estatus social. Usaban soluciones de plata y oro para conseguir colores metálicos y rojos.

El invento del esmalte de uñas que se conoce hoy en día, surgió en 1924. Tradicionalmente, comenzó con colores como el rojo, el rosa, el morado y el negro. Posteriormente se han creado diversas técnicas y tonalidades para la pintura de uñas.

La composición de la pintura de uñas es la siguiente:

- Resinas: La misión de estos productos es mantener unidos los pigmentos, las cargas, y las partículas sólidas una vez que se seca la pintura.
- Cargas: Aportan cuerpo, y dan estructura, viscosidad a la pintura. También proporcionan espesor de capa, opacidad, propiedades anticorrosivas, etc. Las cargas son opacas cuando están secas, pero son traslúcidas en estado húmedo. La Nitrocelulosa actúa como carga en el caso que se está estudiando.
- Pigmentos: Su función es aportar color a la pintura. Son opacos tanto en seco como en húmedo, y la naturaleza puede ser orgánica o inorgánica.

- Disolventes: Como el Tolueno o el acetato de etilo, se usan para solubilizar resinas y para regular la velocidad de evaporación, es decir, dan a la pintura el estado de fluidez que se necesita para su aplicación.
- Aditivos: Aportan a la pintura propiedades concretas. Encontramos dentro de este grupo humectantes y dispersantes, para facilitar el mojado de pigmentos y cargas; espesantes, para conseguir una consistencia determinada; agentes reológicos, para dar un comportamiento determinado a la pintura durante y después de la aplicación; antioxidantes, antiespumantes, etc.

El proceso de fabricación de este producto tiene tres etapas:

- Premezcla: Se realiza una pasta con los componentes sólidos, las resinas, los aditivos, y disolventes. Esta pasta debe tener una viscosidad suficiente como para que pueda ser molida en la siguiente fase.
- Molienda: Es la fase más importante del proceso productivo. La pasta inicial de la premezcla se pasará por un molino que produce el choque de las partículas sólidas que hace que se aplasten y se queden finas. El objetivo es obtener una pasta con un grado de finura determinado, que garantice que el producto final no tenga partículas sólidas de espesor grueso.
- Completado: A la pasta que sale del proceso de molienda, se le añaden resinas, aditivos, anti-espumantes, disolventes, etc. Así se consigue la viscosidad y aspecto deseado.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS A ALMACENAR

Los esmaltes de uñas son una composición similar a la que se usa para la pintura de coches. Están compuestos por sustancias químicas en una proporción que no sean perjudiciales para las personas que las usen. Los tres principales ingredientes de los que están compuestos estos esmaltes son:

- Formaldehído: ayuda a endurecer las uñas.
- Ftalato de Dibutilo: es un químico que hace el esmalte de uñas flexible.
- Tolueno: como ya se ha mencionado antes, actúa como disolvente.

Estos tres productos químicos son conocidos como el “*Trío tóxico*” y están presentes en la mayoría de cosméticos comercializados. Juntos hacen que el esmalte no se astille con facilidad, sea flexible, seque rápido y tenga colores brillantes. Pero no es suficiente estos tres productos para poder fabricar lacas de uñas, se necesitan dos productos más que se almacenarán, y se usarán en el proceso de producción:

- Nitrocelulosa: actúa como carga.
- Acetato de etilo: como el Tolueno, actúa como disolvente.

A continuación, se explicará con detalle cada producto mencionado, sus características y sus peligros.

6.2.1. FORMALDEHÍDO

El Formaldehído es un gas incoloro, de olor característico y penetrante, extremadamente inflamable. Al tratarse de un gas, se comercializa en forma de solución acuosa, con un 37% de Formaldehido en peso. De esta manera, se trata de un combustible en forma de líquido incoloro, de olor fuerte.

En el caso de que se produjera un incendio, se debería apagar con agua pulverizada en grandes cantidades, aunque se evitarán las llamas a su alrededor por precaución. Es importante saber, que reacciona

con agentes oxidantes fuertes. En condiciones normales ordinarias de almacenamiento y uso se considera estable.

Esta sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel o por ingestión. En exposiciones cortas, esta sustancia irrita severamente los ojos, llegando a causar daños oculares irreversibles; la piel, con enrojecimientos, dolor, y posibles quemaduras; y el tracto respiratorio. En el caso de una exposición prolongada, es especialmente peligrosa, ya que puede originar asma, y además es carcinógena para los humanos. Además, se evitará su incorporación al medio ambiente ya que es especialmente tóxica en organismos acuáticos. Estas son algunas de sus propiedades más importantes:

- Punto de ebullición: 98°C
- Solubilidad en agua: muy elevada
- Punto de inflamación: 83°C
- Presión de vapor (20 °C): 0.0017 bar
- Densidad relativa (25 °C): 1,1 g/cm³=1100 kg/m³

Pictogramas de peligro:

FIGURA 3: ETIQUETADO SOLUCIÓN ACUOSA DE FORMALDEHÍDO



FUENTE: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

6.2.2 FTALATO DE DIBUTILO

El ftalato de dibutilo es un líquido viscoso de incoloro a amarillo, de olor característico. Es un combustible, por se evitarán las llamas en su entorno para no provocar un incendio. En el caso de que se produjese, los primeros auxilios indican que se debe parar con espuma, polvo, o dióxido de carbono. La sustancia se descompone al arder, produciendo humos tóxicos e irritantes. Reacciona con oxidantes fuertes.

La sustancia es ligeramente tóxica en caso de ingestión, de ligera a moderadamente tóxica por inhalación, y tóxica por contacto con la piel. Además, en una exposición a largo plazo se sospecha que puede ser tóxica para la reproducción humana, afectando directamente a la fertilidad, o al feto en caso de embarazo.

Para el medio ambiente es extremadamente perjudicial, especialmente para los organismos acuáticos, por lo que se hará lo posible para que este producto no se incorpore al medio ambiente. El almacenamiento se hará en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Algunas propiedades físicas importantes son:

- Punto de ebullición: 340°C
- Punto de fusión: -35°C
- Densidad relativa (agua = 1): 1,05 g/cm³=1050 kg/m³
- Presión de vapor, a 20°C: 0,0001 bar
- Punto de inflamación: 157°C

Pictogramas:

FIGURA 4: ETIQUETADO FTALATO DE DIBUTILO



FUENTE: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

6.2.3. TOLUENO

Es un líquido incoloro, de olor característico, altamente inflamable.

Es una sustancia que reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Además, las mezclas del vapor que desprende con el aire pueden ser explosivas.

El almacenamiento será por lo tanto a prueba de incendios, y separado de oxidantes fuertes. Si se produce un incendio, usaremos polvo, espuma o dióxido de carbono para apagarlo.

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel, a través de los ojos, y por ingestión. Los efectos de la exposición a corta duración son diversos, aunque tienden a desaparecer cuando la persona deja de estar expuesta. El tolueno afecta directamente al sistema nervioso central, por lo que puede producir estado de confusión e incluso pérdida del conocimiento. La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química.

Los efectos a larga duración son diversos. En primer lugar, el líquido desengrasa la piel. Además, la exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. Por otro lado, la experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana, por lo que cualquier mujer embarazada debe evitar cualquier contacto con esta sustancia, ya que podría dañar directamente al feto.

La sustancia también es tóxica para los organismos acuáticos, por lo que se evitará que se vierta este producto al medio ambiente.

Propiedades físicas importantes:

- Punto de ebullición: 111°C
- Punto de fusión: -95°C

- Densidad relativa (agua = 1): 0,87 g/cm³
- Presión de vapor, a 25°C: 0.038 bar
- Punto de inflamación: 4°C
- Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,1-7,1

Pictogramas:

FIGURA 5: ETIQUETADO TOLUENO



FUENTE: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

6.2.4. NITROCELULOSA

La nitrocelulosa es un sólido blanco con una amplia solubilidad en solventes orgánicos, que industrialmente se vende humectada con alcohol o agua. En este caso, se usará nitrocelulosa con un contenido de 12 % de nitrógeno, y humectada en alcohol etílico.

Es una sustancia altamente inflamable. En caso de incendio, se desprenden humos tóxicos e irritantes, y se extinguirá con agua en grandes cantidades. Puede reaccionar con oxidantes, ácidos y bases.

Las vías por las que una persona puede intoxicarse con este producto son la ingestión y el contacto con los ojos y la piel, por lo que se debe utilizar un equipo de protección. En caso de contacto, se debe asistir al médico en caso de irritación o malestar.

El almacenamiento debe ser en un lugar fresco y con buena ventilación, con una temperatura máxima de almacenamiento continuo de 40°C. En caso de incendio, se apagará con agua en grandes cantidades.

Las propiedades físicas más importantes de la nitrocelulosa son:

- Punto de inflamación: 12°C
- Presión de vapor a 20°C: 58.1 mbar
- Solubilidad en agua: ninguna

Pictograma:

FIGURA 6: ETIQUETADO NITROCELULOSA



FUENTE: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

6.2.5. ACETATO DE ETILO

Líquido incoloro, de olor característico, altamente inflamable. La lucha contra incendios se realiza con espuma resistente al alcohol, polvos, o dióxido de carbono. Además, la mezcla del vapor que desprende con el aire es explosiva.

También existen una serie de peligros químicos a tener en cuenta. En primer lugar un calentamiento intenso de esta sustancia puede originar combustión violenta o incluso explosión. Además, esta sustancia reacciona con oxidantes fuertes, bases o ácidos. También ataca muchos metales en presencia de agua y perjudica los plásticos.

El almacenamiento debe ser por tanto herméticamente cerrado, a prueba de incendio. También debe estar separado de oxidantes fuertes, ácidos y bases, y se debe mantener en un lugar frío y seco.

La intoxicación por este producto puede ser por inhalación, ingestión, y contacto de piel y ojos. Los efectos de una exposición corta son diversos. La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Además, puede tener efectos sobre el sistema nervioso. La exposición muy por encima del OEL (Límite de Exposición Ocupacional) puede producir la muerte. Se recomienda vigilancia médica. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.

Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente, especialmente para los organismos acuáticos. Propiedades físicas relevantes:

- Punto de ebullición: 77°C
- Punto de fusión: -84°C
- Densidad relativa (agua = 1): 0.9 g/cm³= 900 kg/m³
- Solubilidad en agua: Muy buena
- Presión de vapor, a 20°C: 0.1 bar
- Punto de inflamación: 7°C

Pictogramas:

FIGURA 7: ETIQUETADO ACETATO DE ETILO



FUENTE: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

7. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS A ALMACENAR

Se realizará una clasificación de los productos que se van a almacenar para identificar la peligrosidad de cada uno, y conocer la normativa impuesta para cada caso. Esto permite una completa seguridad en la instalación. De hecho, gracias a esta clasificación, se pueden conocer las distancias de seguridad que hay que mantener entre depósitos.

Las fichas de seguridad de cada producto informan de las características del mismo. Los productos que se necesitan almacenar son todos inflamables o comburentes, por lo que se pueden clasificar según la ITC-MIE-APQ-1:

1. Clase A.-Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 1 bar.
 - a) Subclase A1.-Productos de la clase A que se almacenan licuados a una temperatura inferior a 0 °C.
 - b) Subclase A2.-Productos de la clase A que se almacenan licuados en otras condiciones.
2. Clase B.-Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C y no están comprendidos en la clase A. Según su punto de inflamación pueden ser considerados como:
 - a. Subclase B1.-Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38 °C.
 - b. Subclase B2.-Productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38 °C e inferior a 55°C.
3. Clase C.-Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55 °C y 100 °C.

Para productos con punto de inflamación superior a 55 °C que se almacenen a temperatura superior a su punto de inflamación, deberán cumplir las condiciones de almacenamiento prescritas para los de la subclase B2.

El punto de inflamación es la temperatura a partir de la cual una mezcla de vapores de una sustancia inflamable y aire puede salir ardiendo en contacto con una fuente de ignición.

Por lo que ya se pueden clasificar los productos:

Formaldehído: su presión de vapor a 20°C es inferior a 1 bar por lo que se descarta que sea de la clase A. Su punto de inflamación es de 83°C, por lo que es un producto de la clase C.

Ftalato de dibutilo: No es de la clase A porque su presión de vapor es muy inferior a un bar, y su punto de inflamación es superior a 100°C, por lo que lo clasificaremos como clase C al ser la menos restrictiva.

Tolueno: Su punto de inflamación es de 4°C, y su presión absoluta de vapor a 15 grados es inferior a 1 bar, lo que lo convierte en un producto de la Clase B1.

Nitrocelulosa: su punto de inflamación es de 12°C, y presión absoluta de vapor inferior a 1 bar a 15°C, por lo que es un producto de la clase B1.

Acetato de etilo: el punto de inflamación es de 7°C, y presión absoluta de vapor inferior a 1 bar a 15°C, por lo que es un producto de la clase B1.

A modo resumen, se adjunta la Tabla 2 con la clasificación hecha:

TABLA 2: CLASIFICACIÓN PRODUCTOS

FORMALDEHIDO	FTALATO DE DI-BUTILO	TOLUENO	NITROCELULOSA	ACETATO DE ETILO
C	C	B1	B1	B1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

8. COMPATIBILIDAD DEL ALMACENAMIENTO CONJUNTO

La protección contra incendios en un almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles está determinada por el tipo de líquido, la forma de almacenamiento, su situación, y la distancia a otros almacenamientos. Por ello, en cada caso, deberá seleccionarse el sistema y agente extintor que más convenga.

El almacenamiento conjunto de productos químicos dentro de un mismo cubeto, en un mismo recipiente subdividido o en una misma dependencia, sin la adopción de las medidas de seguridad oportunas, puede suponer un grave riesgo de accidentes debido principalmente a las posibles reacciones que se pueden generar entre estos productos y que pueden originar incendios, explosiones, emisión de gases tóxicos, etc. Por lo que se estudiará la posibilidad de almacenar distintos productos dentro de la misma sala y en los enterrados dentro del mismo recipiente subdividido.

Según el artículo 12 de la IPC-MIE-APQ, se deben cumplir las siguientes normas de almacenamiento conjunto:

1. En un mismo cubeto sólo podrán almacenarse líquidos de la misma clase o subclase para la que fue proyectado o de otra de riesgo inferior, procurando agrupar aquellos que contengan productos de la misma clase.
2. En el mismo cubeto no podrán situarse recipientes sometidos y no sometidos al Reglamento de Aparatos a Presión, con la excepción de los medios de protección contra incendios.
3. No podrán estar en el mismo cubeto recipientes con productos que puedan producir reacciones peligrosas entre sí, o que sean incompatibles con los materiales de construcción de otros recipientes, tanto por sus características químicas como por sus condiciones físicas.

4. Los líquidos tóxicos se almacenarán preferentemente en cubeto diferente del de los inflamables y combustibles. En caso de almacenarse conjuntamente se deberán tomar las medidas de protección adecuadas que se justificarán en el proyecto.

El Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RAPQ) establece las condiciones de seguridad para el almacenamiento de productos químicos peligrosos. La Tabla I del artículo 2 de la RAPQ establece las cantidades máximas que se pueden almacenar sin la aplicación del Reglamento, por lo que se tendrá en cuenta en cada producto para conocer posteriormente su posible almacenamiento conjunto.

En primer lugar, la solución acuosa de Formaldehído tiene varias indicaciones de peligro, cada una con un máximo permitido, por lo que se valorarán todas y se hará caso a la más restrictiva:

- H301: tóxico en caso de ingestión, máximo 600L.
- H311: tóxico en contacto con la piel, máximo 600L.
- H314: provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves, máximo 400L.
- H317: puede provocar una reacción alérgica en la piel, máximo 1000L.
- H331: tóxico en caso de inhalación, máximo 600L.
- H335: puede irritar las vías respiratorias, máximo 1000L.
- H351: se sospecha que provoca cáncer, máximo 1000L.

Como el máximo permitido para la solución de Formaldehído son 50 litros, que equivale a 0.05 m³, y se necesita almacenar 20 m³, tendremos en cuenta el Reglamento.

Para el Ftalato de Dibutilo, se consideran las siguientes cantidades según las indicaciones de peligro:

- H360: puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto. Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad. Cantidad máxima de 1000L.
- H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos. Cantidad máxima de 1000L.

Por lo tanto, para este producto también aplicaremos las normas indicadas por el RAPQ.

El Tolueno, aunque se almacena enterrado, también se tendrá en cuenta, al igual que la Nitrocelulosa, porque también se almacenarán en cubetos y se tendrá que estudiar si es posible almacenarlos conjuntamente. Para el Tolueno:

- H225: líquido inflamable de categoría 2, cantidad máxima de almacenamiento de 50L.
- H315: corrosión o irritación cutáneas, cantidad máxima de almacenamiento de 1000L.
- H361: toxicidad específica en determinados órganos en una única exposición, cantidad máxima de almacenamiento de 1000L.
- H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos. Cantidad máxima de 1000L.

La Nitrocelulosa solo tiene una indicación de peligro:

- H228: sólido inflamable, que indica una cantidad máxima de 500L.

Para ambos será necesario tener en cuenta las normas de seguridad que más adelante se indicarán.

Por otro lado, el Acetato de Etilo, es un líquido inflamable de categoría 2, con indicación de peligro H225, que indica la cantidad máxima de almacenamiento de 50 litros. Además, tiene otras indicaciones:

- H319: provoca irritación ocular grave, 1000L.
- H336: puede provocar somnolencia o vértigo, 1000L.

Por lo que la cantidad máxima que se puede almacenar de este producto son 50 L, y se debe aplicar el Reglamento para este producto.

Por lo tanto, para todos los productos que se estudian, se debe aplicar el artículo 18 de la ITC-MIE-APQ-1, que nos indican las distancias de seguridad entre los recipientes.

No obstante, en dicho almacenamiento conjunto también hay que considerar otras incompatibilidades entre los productos químicos que, sin conllevar el riesgo de producir reacciones peligrosas, pueden dar lugar a un agravamiento de las consecuencias en caso de incendio. Por ejemplo, se debe evitar almacenar conjuntamente productos que, pudiendo originar o propagar fuego, requieran distintos tipos de agentes extintores.

Por lo tanto, el Formaldehído, que en caso de incendio se extinguiría, como ya se ha mencionado antes, con agua, se almacenará separado del Ftalato de Dibutilo y el Acetato de etilo, que se guardarán juntos ya que ambos productos, en caso de incendio se apagarían con espuma, polvo, o dióxido de carbono.

Para los productos enterrados, el Tolueno requiere polvo, espuma, o dióxido de carbono si se produce un incendio mientras que la Nitrocelulosa requiere agua, por lo que se almacenarán separados.

9. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

9.1. DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

La Tabla 3 que se adjunta a continuación recoge los requisitos de almacenamiento de los productos. Además, el cliente ha informado de otras características para tener en cuenta:

- Todos los depósitos serán cilíndricos.
- El diámetro máximo de los depósitos verticales será de 5 m y la altura máxima será de 8 m.
- Se deben dimensionar los depósitos suponiendo de manera que se alcance la capacidad total de almacenamiento con un 80% de nivel máximo de llenado por seguridad.

TABLA 3: REQUISITOS DE ALMACENAMIENTO

Producto	Nº Depósitos	Capacidad Total de Almacenamiento (m ³)	Características del Depósito	
Formaldehído	2	20	Superficie	Vertical
Ftalato de dibutilo	1	30	Superficie	Vertical
Tolueno	2	30	Enterrado	Horizontal
Nitrocelulosa	2	25	Enterrado	Horizontal
Acetato de etilo	2	25	Superficie	Vertical

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se procede al cálculo de las dimensiones necesarias para cada depósito. Como los depósitos son todos cilíndricos, se parte de la fórmula del volumen del cilindro para calcular las dimensiones de cada uno:

$$V = \pi R^2 H \quad [1]$$

Además, se impone una relación entre el diámetro y la altura de los cilindros, para que el espacio que ocupen vertical u horizontalmente no sea excesivo.

$$\frac{D}{H} \geq 2.5 \quad [2]$$

De esta manera, se calculará el volumen real de los depósitos que se necesitan, teniendo en cuenta que solo se pueden llenar un 80% del volumen total, y se hará una igualdad con la Ecuación 1, habiendo aplicado la relación de diámetro y altura (Ecuación 2). Así, se estimará el diámetro y la altura de los depósitos, evitando que excedan los 5 y 8 metros respectivamente. Si en algún caso resulta una altura mayor de 8 metros, o un diámetro mayor de 5 metros, se impondrá que el diámetro adopta su valor máximo.

- **Formaldehido:** Se necesitan 2 depósitos en los que almacenar 20 m^3 , por lo que se tiene un volumen real de almacenamiento de 25 m^3 entre dos depósitos. Es decir, $12,5 \text{ m}^3$ por depósito. Se aplica la Ecuación 1, con la relación de la Ecuación 2 y obtenemos así las dimensiones de los depósitos:
D=3,4 m
H=1.36 m
- **Ftalato de dibutilo:** Se necesita 1 depósito en el que almacenar 30 m^3 , al estar llenado al 80% se necesita un volumen de $37,5 \text{ m}^3$. Igualando este valor en la Ecuación 1 con la relación impuesta en la Ecuación 2 se obtiene:
D=5 metros
H=1,9 metros
- **Tolueno:** Se requieren 2 depósitos en los que almacenar 30 m^3 , por lo que se necesita un volumen de $18,75 \text{ m}^3$ por depósito. Aplicando las Ecuaciones 1 y 2:
D=3,6 metros
H=1.8 metros
- **Nitrocelulosa:** Se deben conseguir 2 depósitos para almacenar 25 m^3 , es decir, siguiendo el mismo criterio que en los anteriores productos, se necesitan $15,625 \text{ m}^3$ de almacenamiento en cada depósito. Igualando ese valor en la Ecuación 1, con la Ecuación 2 impuesta:
H=1,7 m
D=3,4 m

- Acetato de etilo: 2 depósitos para almacenar 25 m³, es decir, la misma situación que la anterior, por lo que ya conocemos las dimensiones necesarias de los dos depósitos
H=1,7 m
D=3,4 m

En Tabla 4, se recoge el volumen real de cada depósito, el número de depósitos necesario, y la altura y el diámetro calculado.

TABLA 4: CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS

Producto	Nº Depósitos	Capacidad Total de Almacenamiento (m ³)	Dimensiones calculadas (m)
Formaldehído	2	25	D=3,4
			H=1,36
Ftato de dibutilo	1	37,5	D=5
			H=1,9
Tolueno	2	37,5	D=3,6
			H=1,8
Nitrocelulosa	2	31,25	D=3,4
			H=1,7
Acetato de etilo	2	31,25	D=3,4
			H=1,7

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como ya se han calculado las dimensiones de los depósitos, ya se pueden seleccionar los que más se ajusten a las necesidades de almacenamiento impuestas. Se necesitan dos tipos de depósitos distintos para la instalación, depósitos horizontales enterrados y depósitos verticales aéreos.

Los depósitos horizontales enterrados serán comprados a la marca Miraplas. Estos depósitos son los mejores para el almacenamiento de productos químicos bajo tierra, ya que cuenta con un equipo reformado para ello. Son fabricados mediante la técnica de fabricación Filament Winding, que hace que cilindro adquiera gran resistencia e impermeabilidad. Estos depósitos están hechos de PRFV, que es un material compuesto constituido por una estructura de vidrio muy resistente y un material de plástico que actúa como aglomerante. Los modelos seleccionados son:

- HZ020024: 20 m³, de diámetro D=2,4 m y altura H=5,5 m. Se necesitan tres unidades, dos para el almacenamiento de Tolueno, y una para la Nitrocelulosa.
- HZ015015: 15 m³, de diámetro D=2.4 m y altura H=4.2 m. Se necesita una unidad para almacenar Nitrocelulosa.

La Figura 8 muestra la imagen de un depósito de dicha marca, dispuesto a ser enterrado:

FIGURA 8: DEPÓSITO SUBTERRÁNEO DE LA MARCA MIRAPLAS



FUENTE: CATÁLOGO MIRAPLAS

Por otro lado, los depósitos verticales aéreos serán comprados a otra marca, BioTanks. Estos depósitos son fabricados en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para instalación en superficie. Tienen una alta resistencia química, mecánica, a la corrosión y a la intemperie. Los modelos seleccionados de esta marca son:

- DVA-120280: 12 m³, con diámetro D=2,8 m y altura H=1,9 m. Se necesita uno para almacenar Formaldehído.
- DVA-150280: 15 m³, con diámetro D=2,8 m y altura H=2.45 m. Se comprarán dos unidades, una para almacenar Formaldehído y otra para almacenar Acetato de etilo.
- DVA-400300: 40 m³, con diámetro D=3 m y altura H=5,8 m. Se comprará uno para el almacenamiento de Ftalato de dibutilo.
- DVA-180280: 18 m³, con diámetro D=2.8 m y altura H=2,95 m. Se necesita una unidad de este modelo para el acetato de etilo.

En la Figura 9 se muestra ejemplo de un depósito de la marca Biotanks, de los modelos elegidos:

FIGURA 9: DEPÓSITO SUPERFICIAL MARCA BIOTANKS



FUENTE: CATÁLOGO BIOTANKS

En la Tabla 5 se muestra cada depósito con su capacidad y el nombre que se le ha asignado a cada uno, para poder aclararse mejor en posteriores cálculos:

TABLA 5: MODELOS DE LOS TANQUES

PRODUCTO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD(m ³)	NOMBRE ASIGNADO
Formaldehido	BioTanks	DVA-120280	12	a
		DVA-150280	15	b
Ftalato de dibu-tilo	BioTanks	DVA-400300	40	c
Tolueno	Miraplas	HZ020024	20	-
		HZ020024	20	-
Nitrocelulosa	Miraplas	HZ015015	15	-
		HZ020024	20	-
Acetato de etilo	BioTanks	DVA-150280	15	d
		DVA-180280	18	e

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

9.2. DISEÑO DE LOS CUBETOS DE ALMACENAMIENTO

Se estudiará el almacenamiento de productos que en superficie se encuentran dentro del mismo cubeto, y en los enterrados se encuentran en un mismo recipiente subdividido. El cubeto es capaz de

retener los productos contenidos en los recipientes de almacenamiento en caso de vertido o fuga de los mismos.

En primer lugar, hay unas condiciones generales que deberán cumplir todos los cubetos, según el artículo 20 de la MIE APQ-0:

- En todos los cubetos los recipientes no deben estar dispuestos en más de dos filas. Es preciso que cada fila de recipientes tenga adyacente una calle o vía de acceso que permita la intervención de la brigada de lucha contra incendios.
- El fondo del cubeto tendrá una pendiente mínima del 1% para que todo el producto derramado escurra rápidamente hacia una zona del cubeto lo más alejada posible de la proyección de los recipientes, de las tuberías y de los órganos de mando de la red de incendios.
- En todos los casos deben existir accesos normales y de emergencia con un mínimo de 2 y un número tal que no haya que recorrer una distancia superior a 50 metros hasta alcanzar el acceso desde cualquier punto del interior del cubeto.
- Las paredes del cubeto deben tener una altura máxima de 1,8 metros, con respecto al nivel interior, para lograr una buena ventilación.
- Como mínimo, la cuarta parte de la periferia del cubeto debe ser accesible por dos vías diferentes. Estas vías deberán tener una anchura de 2,5 metros y una altura libre de 4 metros como mínimo, para permitir el acceso de vehículos de lucha contra incendios, y han de permanecer libres de obstáculos en todo momento.
- Se prohíbe, en el interior de los cubetos, el empleo permanente de mangueras flexibles.
- Las tuberías no deben atravesar más cubeto que el del recipiente o recipientes a los cuales estén conectadas.

En primer lugar, se dimensionarán los cubetos de depósitos superficiales.

Cubeto 1: está formado por los dos tanques de Formaldehído

TABLA 6: TANQUES CUBETO 1

PRODUCTO	CAPACIDAD (m ³)	CATEGORÍA
Formaldehído	12	C
	15	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El artículo 18 de la ITC-MIE-APQ-1 indica las distancias de seguridad entre las paredes de los recipientes dentro de un mismo cubeto. Los productos de la clase C guardan una distancia $d=0,3D$ [3] a otros productos de clase C.

Según la nota 1 del artículo, D será igual al diámetro del recipiente, salvo que su generatriz sea superior a 1,75 veces el diámetro, en cuyo caso se tomará como D la semisuma de generatriz y diámetro. Calcularemos que medida tomar para cada depósito. La Tabla 7 nos muestra qué formula aplicar en cada caso.

TABLA 7: RELACIÓN ENTRE DIÁMETRO Y GENERATRIZ DE LOS TANQUES

$G > 1,75D_i$	$G < 1,75D_i$
$D = \frac{G + D_i}{2}$ [4]	$D = D_i$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- DEP_a:

$$G_a = 1,9 \text{ m} < 1,75D_a = 1,75 * 2,8 = 4,9 \text{ m}$$

$$G_a < 1,75D_a \rightarrow D_a = 2,8 \text{ m}$$

- DEP_b:

$$G_b = 2,45 \text{ m} < 1,75D_b = 1,75 * 2,8 = 4,9 \text{ m}$$

$$G_b < 1,75D_b \rightarrow D_b = 2,8 \text{ m}$$

TABLA 8: DISTANCIAS TANQUES CUBETO 1

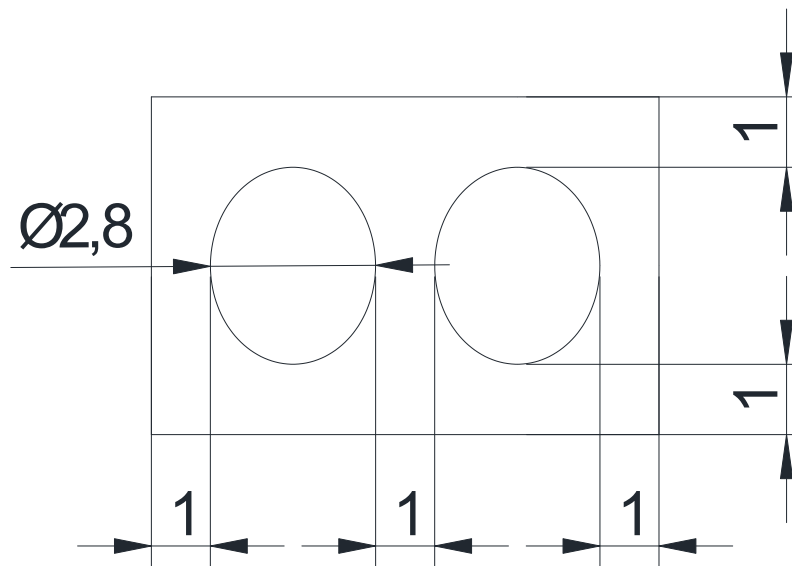
DEPÓSITOS	DISTANCIA
a y b	d=0,84m

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Según la nota 5 del artículo, como ningún tanque tiene una capacidad superior a 50 m³, la distancia mínima entre ellos será de 1 metro, por lo que la distancia entre a y b será de 1 metro.

Además, para el diseño de estos cubetos hay que tener en cuenta que los recipientes no deben estar dispuestos en más de dos filas. Cada fila, debe tener un acceso para intervenir en caso de incendio. La distancia en proyección horizontal entre la pared del recipiente y el borde interior inferior del cubeto será como mínimo de 1 metro. La Figura 10 muestra la distribución de los depósitos en el cubeto 1.

FIGURA 10: DISTRIBUCIÓN CUBETO 1



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El área de este cubeto ya se puede calcular:

$$\text{Lado 1} = 1 + 2,8 + 1 + 2,8 + 1 = 8,6 \text{ m}$$

$$\text{Lado 2} = 1 + 2,8 + 1 = 4,8 \text{ m}$$

$$A_{\text{cub1}} = \text{Lado 1} * \text{Lado 2} = 8,6 * 4,8 = 41,28 \text{ m}^2 \text{ [5]}$$

Ahora, procedemos a calcular el volumen mínimo del cubeto.

La nota 4 del artículo 20 de la ITC-MIE-APQ-0, prescripciones particulares, establece que para un cubeto que contenga líquidos de las clases C, la capacidad de éste será, al menos, igual al mayor de los dos valores siguientes:

- 100 % de la capacidad del recipiente mayor, considerando que este no existe, pero sí los demás.

La capacidad del recipiente mayor es $V=15 \text{ m}^3$

La superficie libre del cubeto se obtiene del siguiente modo: En primer lugar, se calcula el área del recipiente que quedaría en el cubeto. En este caso, ambos ocupan la misma superficie, aunque consideramos que es el recipiente a. Después se restará al área del cubeto esa superficie.

$$A_a = \pi R^2 = \pi * 2,8^2 = 24,63 \text{ m}^2 \text{ [6]}$$

$$A_{\text{suplibre}} = A_{\text{cub1}} - A_a = 41,28 - 24,63 = 16,64 \text{ m}^2 \text{ [7]}$$

La altura del cubeto sería el resultado de dividir el volumen del recipiente mayor entre el área de la superficie libre.

$$H = \frac{V}{A_{suplibre}} \quad [8]$$

$$H = \frac{15}{16,64} = 0,9 \text{ m}$$

- 10 % de la capacidad global de los recipientes en él contenido, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.

$$V = 0,1V_{total} \quad [9]$$

$$V = 0,1 * (15 + 12) = 2,7 \text{ m}^3$$

La altura se calcularía del mismo modo, se aplica la Ecuación 8:

$$H = \frac{V}{A_{cub1}} = \frac{2,7}{41,28} = 0,0654 \text{ m}$$

Por lo tanto, el cubeto tendrá un volumen mínimo de 15 m³ y una altura de 0,9 metros.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las paredes del cubeto deben tener una altura máxima de 1,8 metros, por lo que la altura calculada sería posible.

Cubeto 2: está formado por el tanque de Ftalato de Dibutilo y los dos de Acetato de Etilo.

TABLA 9: TANQUES CUBETO 2

PRODUCTO	CAPACIDAD (m ³)	CATEGORÍA
Ftalato de Dibutilo	40	C
Acetato de Etilo	15	B1
	18	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los productos de la clase B deben guardar una distancia $d=0,5D$ [10] a productos de la clase B y C. Como todos los depósitos de este cubeto son verticales, también se tendrá en cuenta la relación entre su generatriz y su diámetro de la Tabla 7.

- DEP_c:

$$G_c = 5,8 \text{ m} > 1,75D_c = 1,75 * 3 = 5,25 \text{ m}$$

$$D_c = \frac{5,8 + 3}{2} = 4,4 \text{ m}$$

- DEP_d:

$$G_d = 2,45 \text{ m} < 1,75D_d = 1,75 * 2,8 = 4,9 \text{ m}$$

$$G_d < 1,75D_d \rightarrow D_d = 2,8 \text{ m}$$

- DEP_e:

$$G_e = 2,95 \text{ m} < 1,75D_e = 1,75 * 2,8 = 4,9 \text{ m}$$

$$G_e < 1,75D_e \rightarrow D_e = 2,8 \text{ m}$$

En la tabla 10 se muestran las distancias entre los depósitos del cubeto 2, que se obtienen aplicando la Ecuación 10:

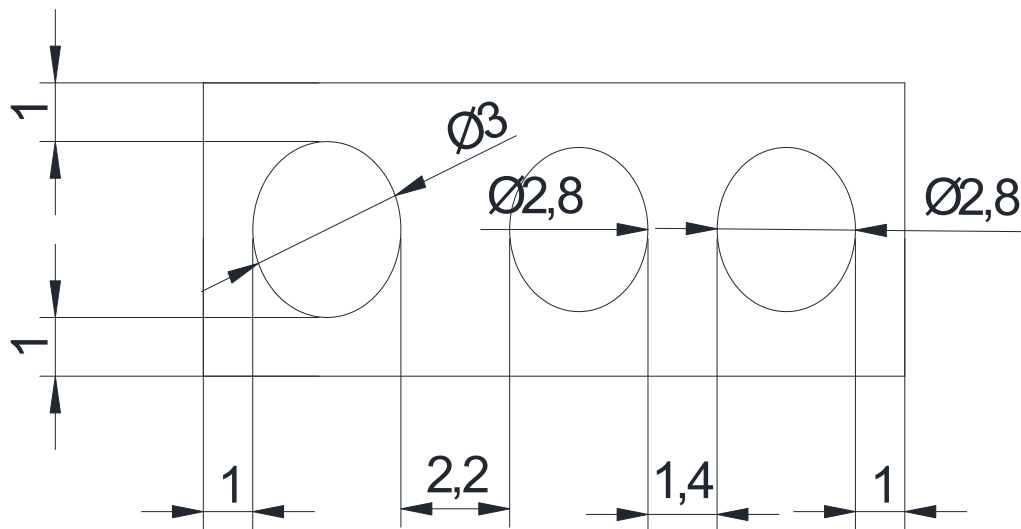
TABLA 10: DISTANCIAS TANQUES CUBETO 2

DEPÓSITOS	DISTANCIA
c y d	d=2,2 m
d y e	d=1,4 m

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como ningún tanque tiene una capacidad superior a 50 m³, la distancia mínima entre ellos sería de 1 metro, por lo que se mantienen las distancias de la Tabla 10.

TABLA 11: DISTRIBUCIÓN CUBETO 2



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por lo tanto, el área del cubeto es:

$$\text{Lado 1} = 1 + 3 + 2,2 + 2,8 + 1,4 + 2,8 + 1 = 14,2 \text{ m}$$

$$\text{Lado 2} = 1 + 3 + 1 = 5 \text{ m}$$

$$A_{\text{cub2}} = \text{Lado 1} * \text{Lado 2} = 14,2 * 5 = 71 \text{ m}^2 \text{ [11]}$$

Se usará el mismo procedimiento que para el cubeto 1 para calcular el volumen mínimo del cubeto, por lo tanto, será la máxima de los dos supuestos:

- 100 % de la capacidad del recipiente mayor, considerando que este no existe, pero sí los demás.

$$V = 40 \text{ m}^3$$

Al igual que en el cubeto 1, se calcula la superficie libre considerando que el recipiente mayor no existe (Ecuación 7):

$$A_{\text{suplibre}} = A_{\text{cub2}} - 2 * (\pi * 2,8^2) = 21,73 \text{ m}^2$$

Por lo tanto la altura necesaria, aplicando la Ecuación 8:

$$H = \frac{V}{A_{\text{suplibre}}} = \frac{40}{21,73} = 1,84 \text{ m}$$

- 10 % de la capacidad global de los recipientes en él contenido, considerando que no existe ningún recipiente en su interior. Al igual que en el cubeto 1, se aplica la Ecuación 9:

$$V = 0,1 * (15 + 18 + 40) = 7,3 \text{ m}^3$$

Como consideramos que no existe ningún recipiente en su interior, la superficie coincide con $A_{\text{cub}2}$, y la altura quedaría:

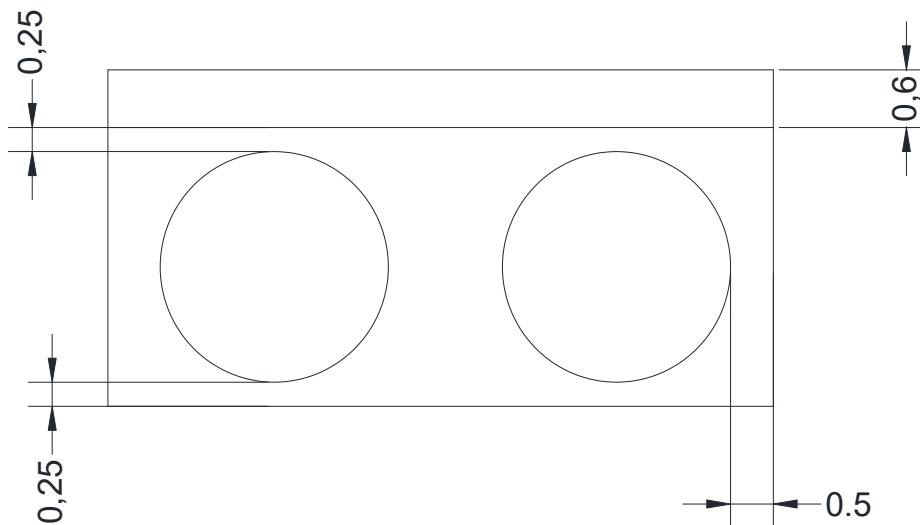
$$H = \frac{7,3}{71} = 0,1 \text{ m}$$

Por lo tanto, este segundo cubeto, tendrá un volumen mínimo de 40 m^3 y una altura de 1,8 metros, que es la máxima permitida.

Los depósitos que están enterrados, para el almacenamiento de Tolueno y Nitrocelulosa, estarán bajo unas condiciones de seguridad según el artículo 13 de la ITC-MIE-APQ1.

En primer lugar, todos los recipientes contarán con un sistema de detección y contención de fugas. Además, estarán rodeados con un mínimo de 0,25 metros de material inerte. En el fondo del pozo tendremos 0,25 metros de arena limpia, y los depósitos quedarán rodeados con más arena, dejando 0,5 metros de arena por ambos lados, y 0,25 metros más por encima de los mismos. Por encima de esa arena, los cubriremos con 0,6 metros de tierra. La Figura 11 muestra el interior de los pozos, ambos con la misma configuración interior:

FIGURA 11: CONFIGURACIÓN INTERIOR POZOS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las paredes de los recipientes estarán cubiertas por materiales que los protejan frente a la corrosión. Los depósitos que hemos comprado están hechos de PRFV, que es resistente a la corrosión por lo que no necesitaremos recubrirlo. Por último, contará con un sistema de venteo que explicaremos más adelante.

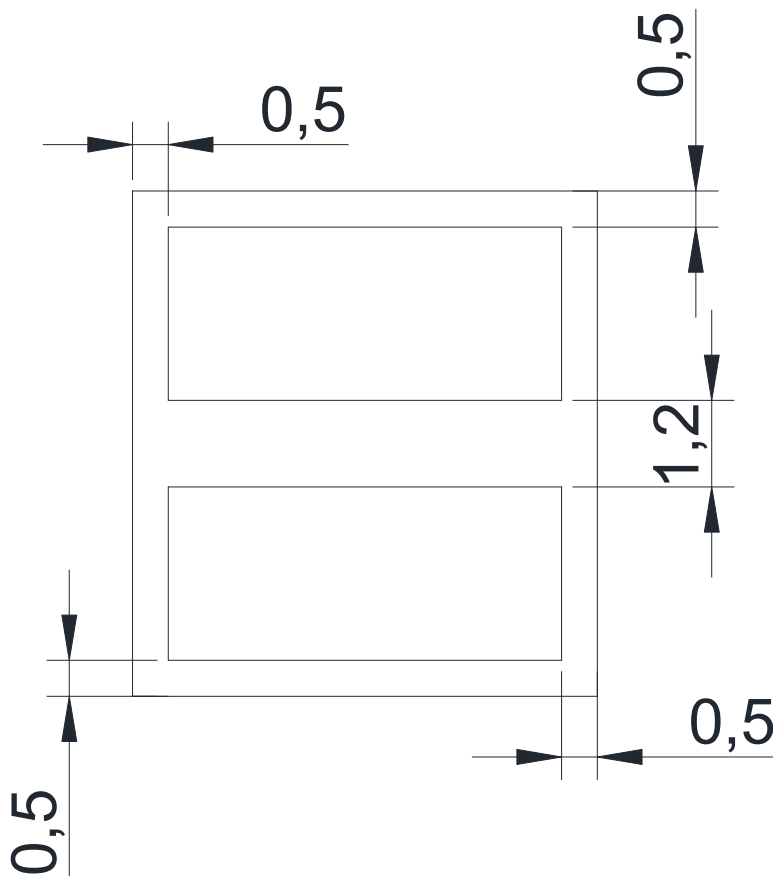
Se procede al cálculo de las dimensiones de los pozos. Para el cálculo de las distancias entre recipientes, no hay que tener en cuenta la relación entre el diámetro y la generatriz, ya que son depósitos horizontales.

El primer pozo será para el Tolueno, que cuenta con dos depósitos de 20 m^3 , de diámetro $D=2,4 \text{ m}$ y de longitud $L=5,5 \text{ m}$. La distancia entre ellos será $0,5D$, siendo D el mayor de los diámetros. Como son iguales:

$$d = 0,5 * 2,4 = 1,2 \text{ m} \quad [12]$$

Al ser depósitos con un volumen inferior a 50 m^3 , la distancia mínima entre ellos es de 1 metro, por lo que se usará 1,2 metros de distancia. El plano de este pozo se puede ver en la Figura 12:

FIGURA 12: DISTANCIAS TANQUES POZO 1



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las dimensiones serían:

$$Lado 1 = 0,5 + 5,5 + 0,5 = 6,5 \text{ m}$$

$$Lado 2 = 0,5 + 2,4 + 1,2 + 2,4 + 0,5 = 7 \text{ m}$$

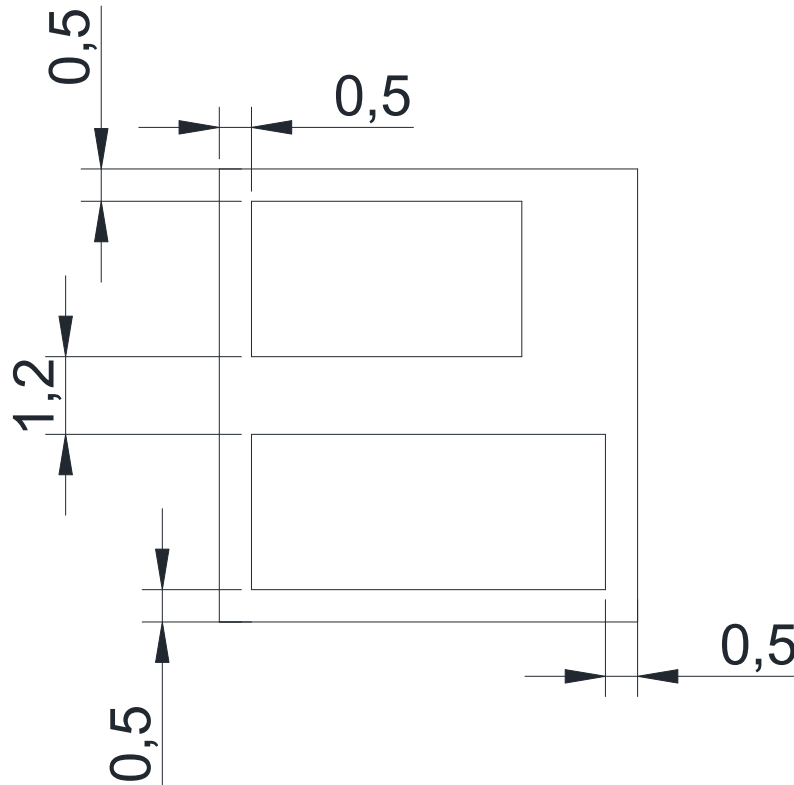
$$A = Lado1 * Lado2 = 6,5 * 7 = 45,5 \text{ m}^2 \quad [13]$$

El segundo pozo, para la Nitrocelulosa, cuenta con dos depósitos. El primero, es de 20 m^3 , con diámetro $D=2,4 \text{ m}$ y de longitud $L=5,5 \text{ m}$. El segundo tiene un volumen de 15 m^3 , de diámetro $D=2,4 \text{ m}$ y longitud $L=4,2 \text{ m}$. Por lo tanto, la distancia entre ellos será igual que la anterior, es decir, $0,5$ veces el diámetro.

$$d = 0,5 * 2,4 = 1,2 \text{ m} \quad [14]$$

Se usa esa distancia al ser el volumen de ambos depósitos inferiores a 50 m^3 . El plano de este segundo pozo se muestra en la Figura 13:

FIGURA 13: DISTANCIAS TANQUES POZO 2



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Dimensiones:

$$Lado 1 = 0,5 + 5,5 + 0,5 = 6,5 \text{ m}$$

$$Lado 2 = 0,5 + 2,4 + 1,2 + 2,4 + 0,5 = 7 \text{ m}$$

$$A = Lado1 * Lado2 = 6,5 * 7 = 45,5 \text{ m}^2 \quad [15]$$

9.3. MEDIDAS ADICIONALES A INSTALAR EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

En este apartado se van a calcular las distancias necesarias que hay que mantener entre las instalaciones para asegurar una correcta seguridad.

El artículo 17 de la ITC-MIE APQ-1 permite determinar las distancias mínimas entre las zonas que componen un almacenamiento de productos químicos inflamables, así como las distancias a elementos

exteriores. Estas distancias están indicadas en el cuadro II-1 del artículo, que se representa a continuación (Tabla 12).

TABLA 12: DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE INSTALACIONES FIJAS

1	(1)										
2	(3) 20	(2)									
3.1	60	(4) 30	(6)								
3.2	30	(4) 15	(6)	(6)							
3.3	30	(4) 15	(6)	(6)	(6)						
4.1	60	(5) 30	(7) 30	(7) 30	(7) 30	(2)					
4.2	30	(5) 20	(7) 30	(7) 20	(7) 15	(11) 30	(2)				
4.3	20	(5) 15	(7) 25	(7) 20	(7) 15	(2)	(2)	(2)			
5	30	(5) 15	30	20	15	30	20	15	(1)		
6	(1)	30	60	30	20	60	20	15	30	(1)	
7	(1)	20	60	30	20	40	20	15	20	(8)	
8	(1)	20	60	30	25	30	30	25	20	20	
9	(1)	15	30	20	15	30	20	15	(9) 20	(8)	
10	(1)	20	60	30	25	60	(10) 40	(10) 20	20	(8)	
11	(1)	30	100	60	40	100	60	30	40	(8)	
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6	

FUENTE: RD 656/2017

De las instalaciones que aparecen en el cuadro, interesará:

1. producto B (3.2)
2. producto C (3.3)
3. cargaderos clase B (4.2)
4. cargaderos clase C (4.3)
5. unidades de proceso (1)
6. estaciones de bombeo (2)
7. edificios administrativos (7)

8. vía de comunicación pública (10)

En la nave industrial, se realizarán trabajos de proceso y administrativos, por lo que se determinarán las dos distancias y se usará la más restrictiva en la distribución.

Del cuadro se obtienen las siguientes distancias:

1. Desde producto clase B hasta:

- Cargadero de productos de la clase B: 20 m
- Cargadero de productos de la clase C: 20 m
- Unidades de proceso: 30 m
- Edificios administrativos: 30 m
- Vías de comunicación pública: 30 m
- Productos de la clase C: Según el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1

2. Desde producto clase C hasta:

- Cargadero clase C: 15 m
- Cargadero clase B: 15 m
- Unidades de proceso: 30 m
- Edificios administrativos: 20 m
- Vías de comunicación pública: 25 m
- Productos clase A: Según el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1

3. Desde las zonas de carga y descarga de productos de la clase B:

- Cargaderos clase C: Sin requerimientos
- Unidades de proceso: 30 m
- Edificios administrativos: 20 m
- Vías de comunicación pública: 40 m

4. Desde las zonas de carga y descarga de los productos de la clase C:

- Cargadero de productos de la clase B: Sin requerimientos
- Unidades de proceso: 20 m
- Edificios administrativos: 15 m
- Vías de comunicación pública: 20 m

El cuadro II-2 nos indica los coeficientes de reducción por capacidad total de almacenamiento de líquidos inflamables y comburentes.

TABLA 13. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN POR CAPACIDAD

Capacidad global de almacenamiento de la instalación m ³	Coefficiente para reducción de distancias del cuadro III-1
Q ≥ 50.000	1
50.000 > Q ≥ 20.000	0,95
20.000 > Q ≥ 10.000	0,90
10.000 > Q ≥ 7.500	0,85
7.500 > Q ≥ 5.000	0,80
5.000 > Q ≥ 2.500	0,75
2.500 > Q ≥ 1.000	0,70
1.000 > Q ≥ 500	0,65
500 > Q ≥ 250	0,60
250 > Q ≥ 100	0,50
100 > Q ≥ 50	0,40
50 > Q ≥ 5	0,30
5 > Q	0,20

FUENTE: RD 656/2017

En total el volumen es de 175 m³, por lo que aplicaremos un coeficiente reductor de 0,5. De momento las distancias son estas:

1. Desde producto clase B hasta:

- Cargadero de productos de la clase B: 10 m
- Cargadero de productos de la clase C: 10 m
- Unidades de proceso: 15 m
- Edificios administrativos: 15 m
- Vías de comunicación pública: 15 m
- Productos de la clase C o D: Según el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1

2. Desde producto clase C hasta:

- Cargadero clase C: 7,5 m
- Cargadero clase B: 7,5 m
- Unidades de proceso: 15 m
- Edificios administrativos: 10 m
- Vías de comunicación pública: 12,5 m
- Productos clase A o D: Según el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1

4. Desde las zonas de carga y descarga de productos de la clase B:

- Cargaderos clase C y D: Sin requerimientos

- Unidades de proceso: 15 m
- Edificios administrativos: 10 m
- Vías de comunicación pública: 20 m

5. Desde las zonas de carga y descarga de los productos de la clase C y D:

- Cargadero de productos de la clase B: Sin requerimientos
- Unidades de proceso: 10 m
- Edificios administrativos: 7,5 m
- Vías de comunicación pública: 10 m

El cuadro II-3 que presenta unos coeficientes multiplicadores en dos casos, si tratamos con líquidos inestables, y si el almacenamiento con venteos de emergencia permiten el desarrollo de presiones superiores a 0,15 bares, por lo que no se aplicaran dichos coeficientes.

TABLA 14: COEFICIENTES MULTIPLICADORES

Características de los productos y/o de los almacenamientos	Coeficiente	Clases de líquidos a los que es aplicable
Líquidos inestables	2,0	A, B y C
Almacenamiento con venteos de emergencia que permitan el desarrollo de presiones superiores a 0,15 bares	1,5	B y C

FUENTE: RD 656/2017

El siguiente paso sería pasar al cuadro II-4 que presenta un coeficiente reductor en el caso de que se disponga de medidas y sistemas adicionales de protección contra incendios. Este cuadro presenta unos niveles de seguridad. El nivel 0 es contar solamente con las protecciones obligatorias de seguridad. Por otro lado, tenemos una serie de medidas adicionales que pueden ser del nivel 1, o del nivel 2. En principio, no se cuenta con ninguna medida adicional.

TABLA 15: COEFICIENTES REDUCTORES POR PROTECCIÓN ADICIONAL

Medidas o sistemas de protección adoptados		Coeficiente de reducción
Nivel	Cantidad	
0	–	No hay reducción
1	Una	0,75
1	Dos o más	0,50
2	Una	0,50
2	Dos o más	0,40

FUENTE: RD 656/2017

Sin embargo, al intentar introducir todos los elementos en la parcela guardando las distancias de seguridad anteriormente calculadas, se puede comprobar que no hay espacio suficiente. Es por ello por lo que sí que se adoptará una medida adicional de seguridad, y así podremos aplicar el coeficiente de reducción del cuadro II-4.

Se opta por implementar un sistema de bocas de incendio equipadas, con accionamiento situado en un lugar protegido y accesible durante el incendio. Este tipo de protección es del nivel 1, por lo que se aplicará el coeficiente reductor de 0,75.

Como se ha explicado anteriormente, la nave industrial abarcará unidades de proceso y edificios administrativos, por lo que se usará la distancia más restrictiva para cumplir con ambos, y se considerará una sola distancia la necesaria para hacer posteriormente las alternativas de distribución en planta. Por lo tanto las distancias serán:

1. Desde producto clase B hasta:

- Cargadero de productos de la clase B: 7,5 m
- Cargadero de productos de la clase C: 7,5 m
- Unidades de proceso y edificios administrativos (nave industrial): 11,25 m
- Vías de comunicación pública: 11,25 m
- Productos de la clase C o D: Según el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1

2. Desde producto clase C hasta:

- Cargadero clase C: 5,625 m
- Cargadero clase B: 5,625 m
- Unidades de proceso y edificios administrativos (nave industrial): 11,25 m
- Vías de comunicación pública: 9,375 m
- Productos clase A o D: Según el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1

4. Desde las zonas de carga y descarga de productos de la clase B:

- Cargaderos clase C: Sin requerimientos
- Unidades de proceso y edificios administrativos (nave industrial): 11,25 m
- Vías de comunicación pública: 15 m

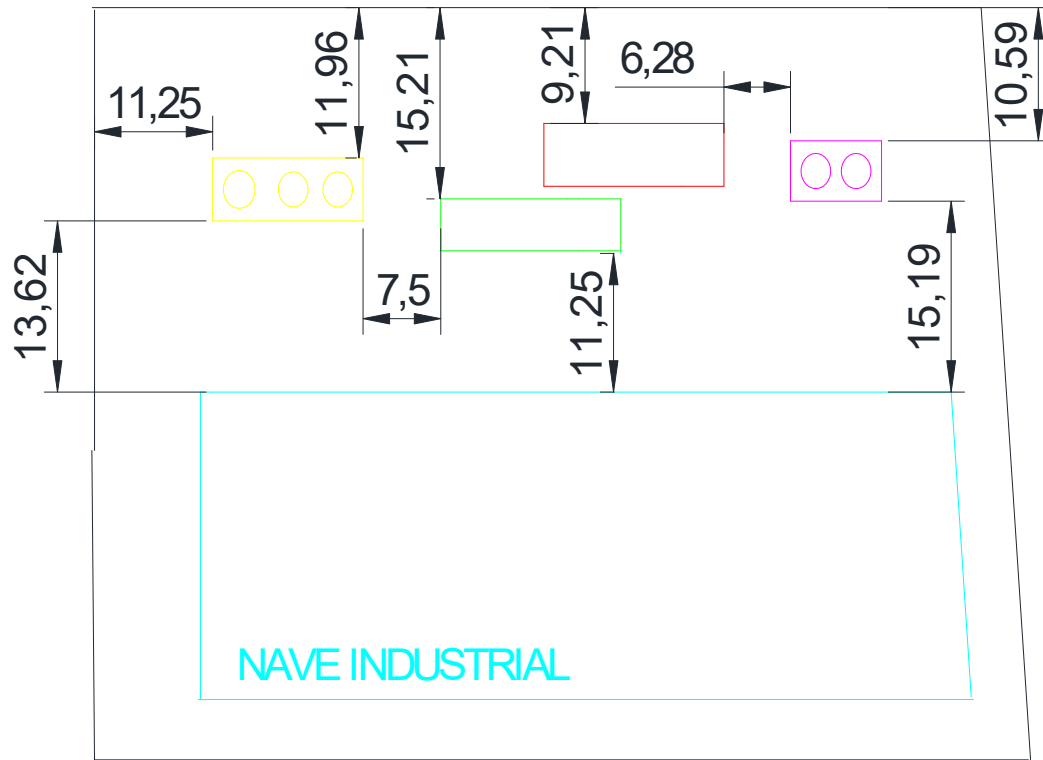
5. Desde las zonas de carga y descarga de los productos de la clase C:

- Cargadero de productos de la clase B: Sin requerimientos
- Unidades de proceso y edificios administrativos (nave industrial): 7,5 m
- Vías de comunicación pública: 7,5 m

Estas distancias sí que se podrían aplicar a la parcela, por lo que ahora se estudiarán las distintas alternativas en la distribución. Surgen así dos alternativas, que quedan representadas en los siguientes planos:

- Alternativa 1:

FIGURA 14: DISTRIBUCIÓN PLANTA ALTERNATIVA 1

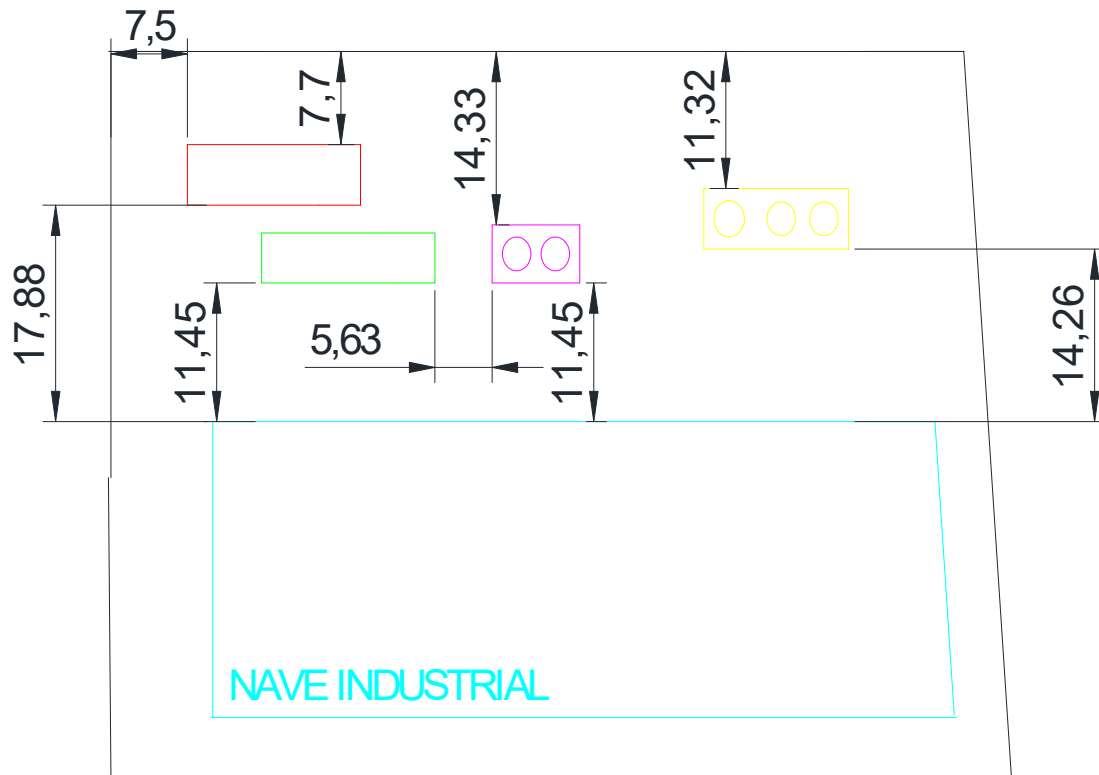


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- CARGADERO CLASE C
- CARGADERO CLASE B
- PRODUCTO CLASE C
- PRODUCTO CLASE B

- Alternativa 2:

FIGURA 15: DISTRIBUCIÓN PLANTA ALTERNATIVA 2

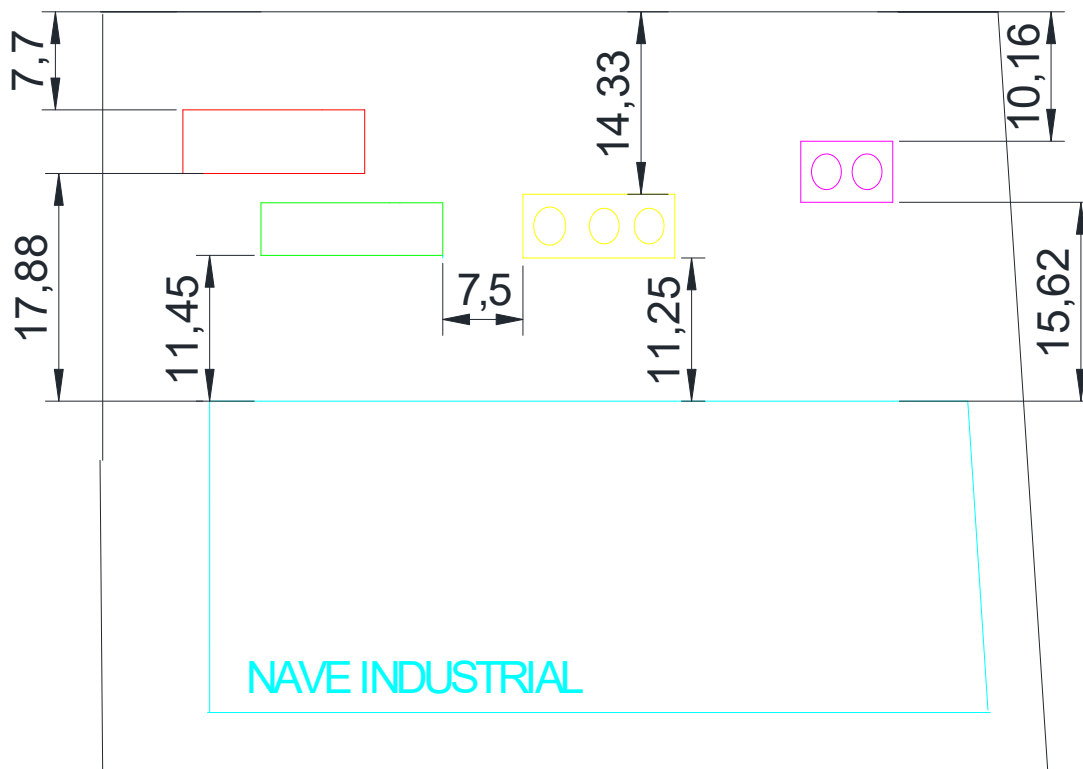


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- CARGADERO CLASE C
- CARGADERO CLASE B
- PRODUCTO CLASE C
- PRODUCTO CLASE B

- Alternativa 3:

FIGURA 16: DISTRIBUCIÓN PLANTA ALTERNATIVA 3



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

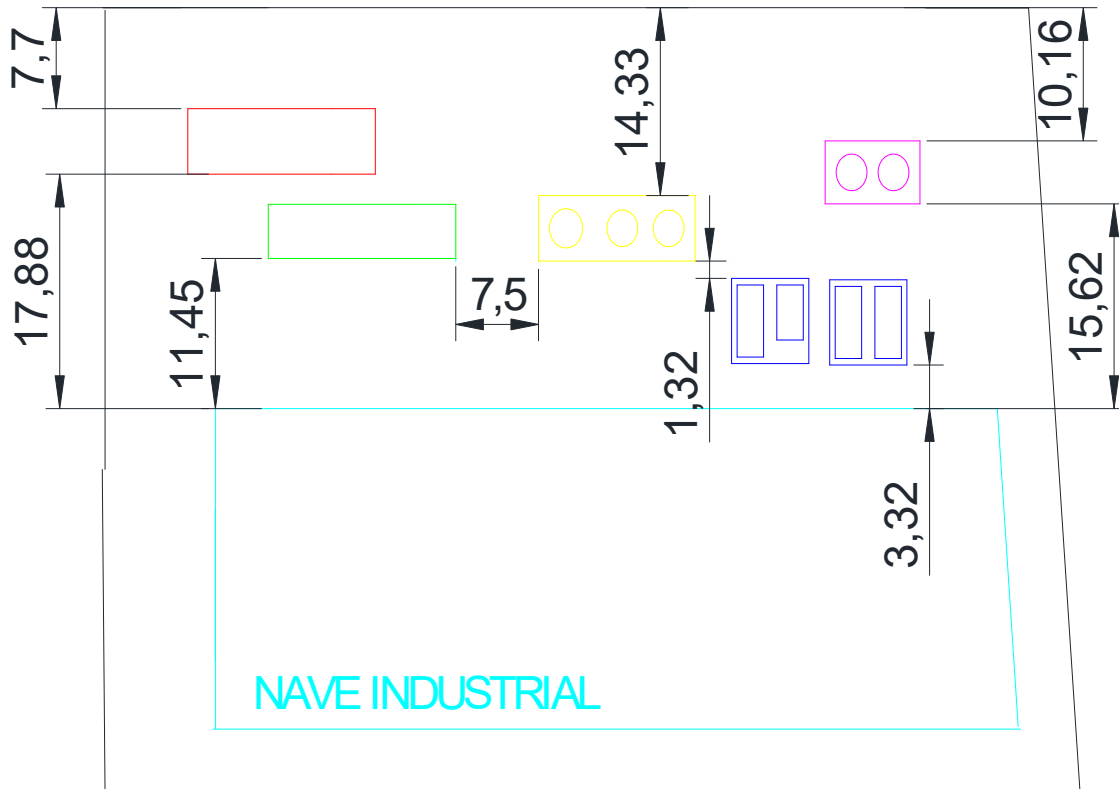
- CARGADERO CLASE C
- CARGADERO CLASE B
- PRODUCTO CLASE C
- PRODUCTO CLASE B

Se tendrá en cuenta que la zona de carga y descarga debe tener una ubicación que permita que los vehículos se dirijan hacia el por caminos de libre circulación. Es por eso, que los cargaderos estarán cerca de la puerta de acceso para vehículos y los cubetos no impedirán el acceso a ellos. La alternativa 1 queda descartada por esa razón.

Las alternativas 2 y 3 son válidas, pero se elegirá la segunda por estar el cubeto que almacena los productos de la clase B más cerca de su zona de carga y descarga. Este cubeto, también almacena un depósito de clase C, por lo que también estará cerca de cargadero. De esta manera, las longitudes de las tuberías de llenado y vaciado son menores, y reducirá el coste de la instalación. A pesar de que el producto de clase C se encuentre un poco alejado de su cargadero, no tiene obstáculos para acceder a él, por lo que es la mejor distribución que se podría hacer.

Una vez escogida la distribución superficial en planta se procede a la situación de los depósitos enterrados. La distancia máxima entre estos recipientes a los límites de la propiedad o a otros tanques es de un metro. Se tendrá en cuenta que los productos que se almacenan en los depósitos enterrados son de clase B, por lo que se pondrán de forma que queden lo más cerca posible del cargadero de clase B, y del cubeto que almacena clase B para que las canalizaciones (que se harán en los próximos capítulos) no se atraviesen entre sí.

FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN PLANTA SELECCIONADA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- CARGADERO CLASE C
- CARGADERO CLASE B
- PRODUCTO CLASE C
- PRODUCTO CLASE B
- POZOS DEPÓSITOS ENTERRADOS

10. INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

10.1. CIMENTACIONES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Es una parte fundamental a tener en cuenta ya que un error en las cimentaciones puede suponer un gran error en las instalaciones de almacenamiento. En este epígrafe se abordará la realización del muro de contención de los cubetos de retención. Estos muros son los encargados de retener los productos químicos en caso de derrame de cualquier depósito.

El diseño de las cimentaciones deberá ajustarse a la normativa vigente para este tipo de instalación. La diversidad de condiciones existentes en los distintos suelos, climas y ambientes hace que la determinación de la carga y asentamiento admisibles deba realizarse particularmente en cada instalación. Sin embargo, existen unas normas generales comunes para todos los cubetos, según el artículo 19 de la ITC-MIE-APQ-1:

- Evitar la construcción de cimentaciones en las siguientes condiciones:
 - Lugares en los que una parte de la cimentación quede sobre roca o terreno natural y otra parte sobre relleno, o con profundidades variables de relleno, o donde haya sido preciso una preconsolidación del terreno.
 - Lugares pantanosos o con material compresible en el subsuelo.
 - Lugares de dudosa estabilidad del suelo, como consecuencia de la proximidad de cursos de agua, excavaciones profundas o grandes cargas, o en fuerte pendiente.
 - Lugares en que los tanques queden expuestos a posibles inundaciones que originarían su flotación, desplazamiento o socavado.
- Se trata de tanques con fondo plano, por lo que la superficie sobre la que descansa el fondo del tanque deberá quedar a 30 centímetros, como mínimo, por encima del suelo del cubeto y deberá ser impermeable al producto a contener, de forma que las posibles fugas por el fondo salgan al exterior.
- Se deberá realizar una prueba hidrostática al primer tanque que se pruebe en un determinado emplazamiento. Consiste en una prueba de resistencia realizada al recipiente procediendo a su lleno de agua.

El procedimiento consiste en marcar en la periferia de los tanques cuatro puntos simétricos que se usarán como referencia de niveles. Cuando el terreno sea adecuado se puede llenar el tanque hasta la mitad rápidamente; se comprobarán entonces los niveles y si no se han producido asentamientos diferenciales, se puede llenar el tanque hasta las tres cuartas partes de su capacidad, repitiendo entonces la lectura. Si el tanque sigue nivelado se termina el llenado, repitiendo las lecturas. Se deja el tanque lleno durante cuarenta y ocho horas y si los niveles se mantienen ya constantes se puede vaciar el tanque, teniendo la precaución de abrir una entrada de aire suficiente para evitar la deformación del mismo por vacío.

Para instalar tanques similares en terreno semejante al probado, se pueden omitir las paradas en la mitad y tres cuartos del llenado.

En terrenos blandos, en los que se prevén asentamientos de más de 300 milímetros, conviene llenar lentamente. Se añadirá el agua de forma que suba cada día 0,6 metros hasta una altura de 3 metros. Seguidamente se detiene el llenado, y se registran en días sucesivos, los niveles de referencia, que se anotan en una escala en función del tiempo, para establecer la curva de asentamiento. Cuando el asentamiento diario comience a disminuir, se añade agua al tanque

con incrementos de alturas cada vez menores. Cuando la carga de agua esté próxima a la capacidad del tanque, se añade el agua a la hora de la salida del sol, en pequeña cantidad, a fin de hacer lecturas durante el día, y descargando el tanque si se observan asentamientos indebidos.

En cuanto al muro de contención, se definen las siguientes características:

- En primer lugar, se ejecutará una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor (hormigón en masa). Las características de este hormigón son HM-20/B/40/I.
- La riostra de cimentación para el muro de contención del cubeto será de 1,0m*0,5m (Esta sección no incluye el espesor del hormigón de limpieza). El hormigón que se va a utilizar es HA30/B/20/IIb.

10.2. CUBETOS DE RETENCIÓN

El cubeto de retención es un recipiente completamente estanco. Se utiliza para recoger posibles derrames o vertidos durante el almacenamiento o el trasvase de productos peligrosos evitando así la contaminación de acuíferos.

Los recipientes de superficie para almacenamientos de líquidos inflamables y combustibles deberán disponer de un cubeto de retención, que deberá cumplir unas reglas generales, según el artículo 20 de la ITC-MIE-APQ-1. Aunque algunos aspectos ya se han citado anteriormente para calcular la altura del muro de los cubetos, en este apartado se recogerán todas las normas que hagan referencia a los cubetos de retención.

En primer lugar, en todos los cubetos los recipientes no deben estar dispuestos en más de dos filas. Es preciso que cada fila de recipientes tenga adyacente una calle o vía de acceso que permita la intervención de la brigada de lucha contra incendios. Además, la distancia en proyección horizontal entre la pared del recipiente y el borde interior inferior del cubeto será como mínimo de 1 metro.

Por último, el fondo del cubeto tendrá una pendiente que garantice que el producto derramado escurra rápidamente hacia una zona del cubeto lo más alejada posible de la proyección de los recipientes, de las tuberías y de elementos contra incendios.

En cuanto a la capacidad útil del cubeto de retención, será el mayor valor obtenido entre estas dos posibilidades:

- Referido al recipiente mayor, considerando que no existe éste, pero sí los demás. Es decir, descontando del volumen total del cubeto vacío el volumen de la parte de cada recipiente que quedaría sumergido bajo el nivel del líquido, excepto del mayor. En ese caso, la capacidad debe ser del recipiente mayor.
- Referido a la capacidad global de los recipientes, es decir, el volumen total del cubeto considerando que no existe ningún recipiente en su interior. En este caso sería el 10 % de la capacidad global de los recipientes en él contenido.

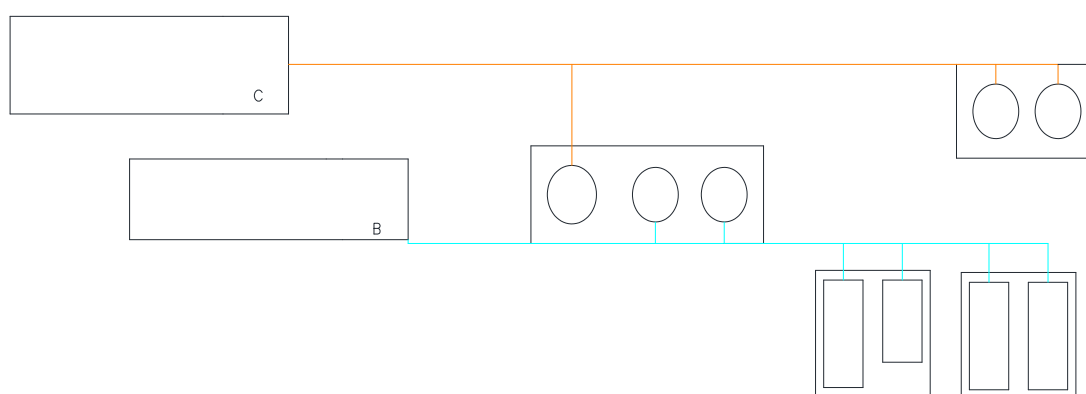
Además, existen unas prescripciones particulares para cada tipo de producto. Para los líquidos de las clases B y C, que son los que se contemplan en nuestro estudio:

Para evitar la extensión de pequeños derrames, los cubetos que contengan varios recipientes de líquidos estables deberán estar subdivididos por canales de drenaje, o por diques interiores de 0,15 metros de altura, de manera que cada subdivisión no contenga más de un solo recipiente con capacidad igual o superior a 2000 m³ o un número de recipientes de capacidad global no superior a 3000 m³. Puesto que ninguno de los cubetos estudiados existe un depósito de volumen mayor a 2000 m³, ni un volumen total mayor a 3000 m³, no hará falta la división de los mismos.

En cuanto a la construcción y disposición de los cubetos, también existen una serie de prescripciones a tener en cuenta:

- Las paredes de los cubetos deberán ser de materiales no combustibles, estancas y resistir la altura total del líquido a cubeto lleno.
- Los cubetos deben permanecer estancos incluso durante un incendio, admitiéndose un tratamiento especial del suelo, si es preciso.
- En todos los casos deben existir accesos normales y de emergencia con un mínimo de 2 y un número tal que no haya que recorrer una distancia superior a 50 metros hasta alcanzar el acceso desde cualquier punto del interior del cubeto.
- Las paredes del cubeto deben tener una altura máxima de 1,8 metros, con respecto al nivel interior, para lograr una buena ventilación. Estas alturas ya han sido calculadas, y cumplen el requisito.
- La altura de las paredes no deberá sobrepasar los 3 metros en la mitad de la periferia del cubeto. (La altura es la referida al nivel de las vías de acceso al cubeto en el exterior).
- Los canales de evacuación tendrán una pendiente mínima de 1% en dirección a las paredes del cubeto, y tendrán una sección útil también mínima de 40 cm².
- Las tuberías no deben atravesar más cubeto que el de los recipientes a los cuales están conectadas. Es algo que se ha tenido en cuenta a la hora de realizar el diseño de la planta industrial. En la Figura 18 se muestra el diseño de las canalizaciones.

FIGURA 18: CANALIZACIÓN PRINCIPAL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

B. Cargadero clase B

C. Cardero clase C

- *Canalizaciones B*
- *Canalizaciones C*

10.3. PAVIMENTO

La ejecución del pavimento se realizará en el interior de los cubetos de retención y de los cargaderos con una capa de 20 cm de espesor de hormigón HA30/B/20/IIa, con acabado fratasado. El resto de la parcela se encuentra correctamente pavimentada.

10.4. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se realizarán excavaciones del muro de contención del cubeto de los depósitos de almacenamiento, y de las zanjas donde se enterrarán las conducciones dedicadas al transporte de agua para la protección de incendios. La excavación de zanjas se realizará mediante medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 1,5 m.

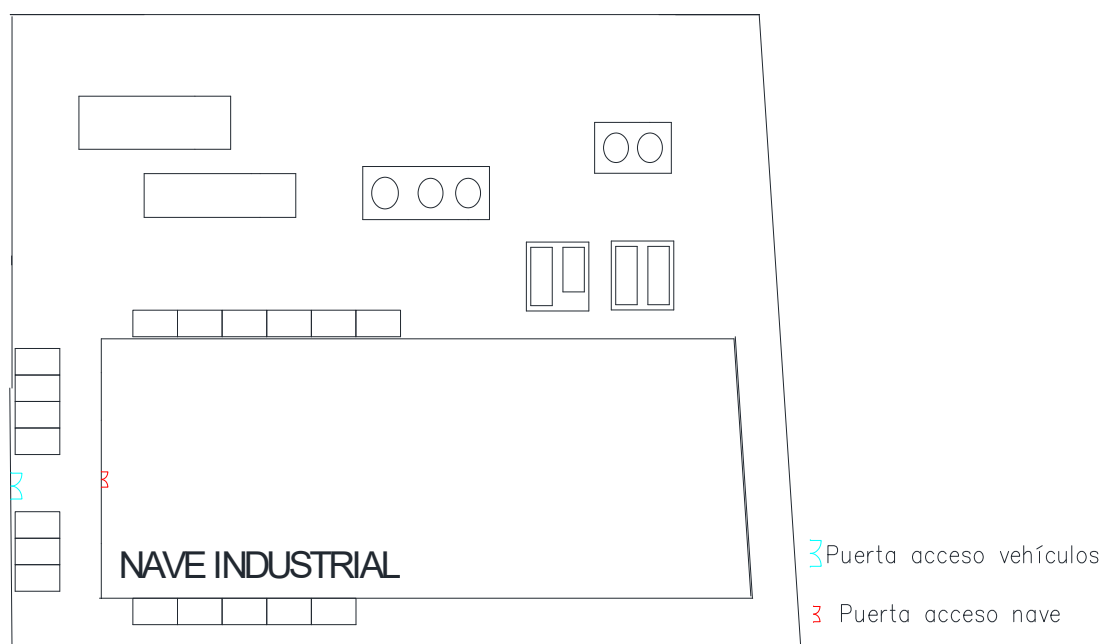
Estos datos serán relevantes en el momento de calcular el presupuesto final.

10.5. CERRAMIENTOS

Este capítulo comprenderá el vallado perimetral y las puertas de acceso, tanto peatonales como para vehículos. Un cerramiento es un elemento de la instalación construido mediante muros, enrejado metálico o vallas, que sirve para impedir el paso a ella. Toda la planta de almacenamiento de superficie debe disponer de un cerramiento al exterior rodeando el conjunto de sus instalaciones.

Las parcelas adquiridas poseen un vallado de 2,5 metros de altura, por lo que cumple perfectamente con la normativa requerida, que exige un vallado mínimo de 2 metros para almacenamientos globales de hasta 2000 m³. Además, también se cuenta con una puerta de acceso para vehículos, de dimensiones 6,0m*2,0m, que cumple perfectamente con lo establecido en el artículo 23 de la ITC-MIE-APQ1, que establece que las puertas deben tener el ancho suficiente para que la entrada y salida de vehículos no exija maniobra. Como la nave industrial ya está construida, también cuenta su puerta de acceso a ella. Estas dos puertas quedan reflejadas en la Figura 19.

FIGURA 19: INSTALACIÓN SIN PUERTAS ADICIONALES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por lo tanto, a la hora de realizar el presupuesto solo se tendrá en cuenta el cerramiento de las puertas de acceso para peatones. Para saber donde se tienen que ubicar las puertas, y cuantas puertas son necesarias, será necesario estudiar la normativa de incendios, por lo que se explicará en el apartado 10.8.1. En ese apartado se explican las distancias mínimas en las que se deben situar las puertas para que en caso de incendio se pueda evacuar rápidamente de la instalación, por lo que se conocerá tanto la ubicación como el número de puertas que se necesitan.

10.6. INSTALACIONES DE CARGA Y DESCARGA

El lugar donde se realizan las operaciones de carga y descarga se denomina cargadero, y se refiere al trasvase de productos químicos entre unidades de transporte y los almacenamientos o viceversa; entre unidades de transporte y las instalaciones del proceso o viceversa; y entre almacenamientos o instalaciones de proceso a recipientes móviles o viceversa.

Las operaciones de carga y descarga, y trasiego de los productos químicos almacenados, así como las operaciones que se deben realizar en los almacenamientos de productos químicos para su correcto estado de limpieza, mantenimiento y funcionamiento, representan otro punto crítico en la seguridad del almacenamiento. Por ello, al objeto de evitar accidentes, el personal que realiza estas operaciones debe contar con una adecuada formación e información, seguir los procedimientos de trabajo oportunos y contar con los equipos de protección individual necesarios.

Es una de las operaciones de mayor riesgo en una planta de almacenamiento de productos químicos, por lo que las características y los requisitos del cargadero se exponen teniendo en cuenta los requerimientos de la ITC-MIE-APQ-1, tanto del artículo 22, que se encuentra dentro del capítulo IV (Obra civil) que se refiere a las zonas de carga y descarga; como de la totalidad del capítulo VI, que trata de sus instalaciones.

Nos centraremos en cargadores terrestres. Todas las operaciones de carga y descarga se realizarán de acuerdo con las recomendaciones del informe UNE 109.100. Se adaptarán, tanto en diseño como en criterios de operación, a los requisitos de la reglamentación sobre transporte, carga y descarga de mercancías peligrosas:

- La plataforma en la que se estacionan los vehículos durante la carga y descarga tendrá una pendiente del 1% hacia los sumideros de evacuación. De esta forma, cualquier derrame accidental fluirá rápidamente hacia ellos. El sumidero se conectará con la red de aguas contaminadas o a un recipiente o balsa de recogida de capacidad suficiente para contener el derrame. En ningún caso debe desembocar hacia las redes públicas de alcantarillado.
- Los cargaderos de camiones se situarán de forma que los camiones que a ellos se dirijan o que de ellos procedan puedan hacerlo por caminos de libre circulación. Los accesos serán amplios y bien señalizados.
- La carga y descarga de camiones cisterna deberá realizarse con el motor del camión parado.
- Los camiones cisterna se dispondrán en el cargadero de forma que puedan efectuar su salida sin necesidad de maniobrar.
- Los vagones que se encuentren cargando o descargando estarán frenados por sistemas como calzos o cuñas.
- Los elementos del cargadero deben estar interconectados entre sí eléctricamente y a una puesta a tierra mediante un conductor permanente. Previo a las operaciones de carga y descarga se parará el motor del camión, y se conectará a tierra mediante una arqueta unida al conductor. Una vez finalizada la carga o descarga se desconectará y el camión se irá de la zona de carga y descarga.

El aspecto fundamental del diseño de los cargaderos consiste en la determinación de las canalizaciones que parten de ellos hacia los depósitos. A cada tanque le llegan tres tipos de canalizaciones:

- Canalización principal: por donde se transporta el producto químico
- Canalización secundaria: se usaría para lo mismo que la primera en caso de fallara.
- Canalización de seguridad: se encarga del venteo y del alivio de presiones.

Para determinar el diámetro de los conductos, usaremos la información de la NTP 356: *Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna para líquidos inflamables*. La NTP recomienda que la velocidad del flujo debe estar comprendida entre 4 y 7 m/s, por lo que el flujo circulará a una velocidad de 5 m/s. Además, se realizarán los cálculos con el supuesto más exigente, es decir, el llenado del producto del que se requiere una mayor cantidad, que para este proyecto es el Ftalato de Dibutilo con 40 m³. Se considera que el camión cisterna tardará aproximadamente tres horas en descargarlos. En primer lugar, se calcula el caudal de descarga:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{40 \text{ m}^3}{10800\text{s}} = 0,0037 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad [16]$$

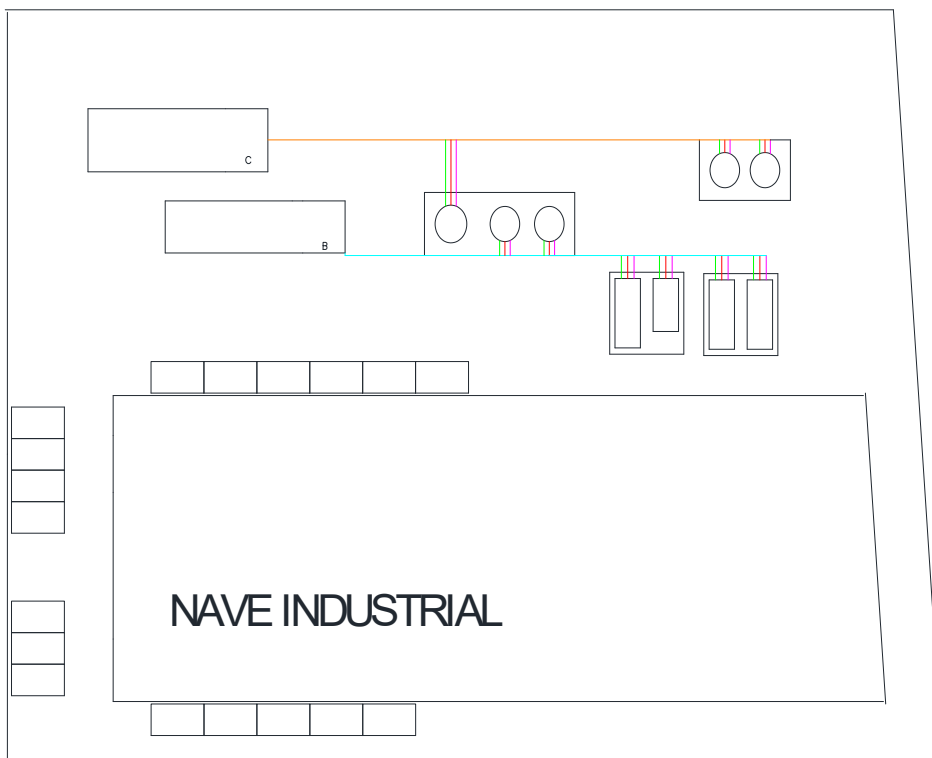
Ahora se aplicará la ecuación de continuidad para poder determinar así el diámetro interior:

$$Q = v * S = v * \frac{\pi D^2}{4} \quad [17]$$

$$D = \sqrt{\frac{0,0037 * 4}{\pi * 5}} = 0,0307 \text{ m}$$

El diámetro interior comercial correspondería al inmediatamente superior al valor obtenido en la ecuación. En el catálogo de la empresa Almesa, este diámetro superior es de 39,2 mm, el cual corresponde con un diámetro exterior de 42,4 mm. Este diámetro será el mismo para todas las canalizaciones comentadas anteriormente. La referencia es Une EN 10255 serie M (DIN 2440)

FIGURA 20: PLANO ZONAS CARGA Y DESCARGA



B. Cargadero clase B

C. Cardero clase C

- Canalizaciones B
 - Canalización de venteo
 - Canalización primaria
 - Canalización secundaria
- Canalizaciones C
 - Canalización de venteo
 - Canalización primaria
 - Canalización secundaria

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

10.7 SISTEMAS DE VENTEO Y ALIVIO DE PRESIÓN

El llenado, el vaciado, y el cambio de temperatura de los depósitos, producen variaciones de presión que pueden provocar la deformación de los recipientes. Por ello, es necesario diseñar un sistema que ayude a prevenir los efectos de las alteraciones de la presión interna. Este sistema se denomina de venteo y alivio de presión, y se instalan para prevenir la formación de vacío (por extraer producto) o el incremento de la presión interna dentro del recipiente.

La instalación de estos sistemas es obligatoria en todos los depósitos de almacenamiento, ya que así lo exige la ITC de los productos almacenados. El venteo en condiciones de sobrepresión o vacío puede conseguirse mediante el uso de válvulas de alivio de presión/vacío, o mediante venteo libre.

Además, se debe diferenciar entre venteo normal y venteo de emergencia.

Para el venteo normal, en el presente trabajo se usarán las válvulas de alivio, ya que así se evitará la pérdida de producto y la contaminación ambiental. El artículo 10 de la ITC-MIE-APQ-1 establece unos requerimientos para este tipo de venteo que deben cumplirse:

- Las canalizaciones de venteo tendrán un tamaño igual al mayor de las tuberías de llenado o vaciado y en ningún caso serán inferiores a 35 mm de diámetro interior. El diámetro interior de estas canalizaciones ya ha sido calculado, y es de 39,2 mm, e igual que el diámetro del resto de canalizaciones.
- Los venteos de los recipientes que almacenen líquidos de subclase B1, subclase B2 o clase C estarán equipados con un sistema apagallamas, siempre que estén almacenados a temperatura superior a su punto de inflamación. En el almacenamiento de este proyecto, se instalará este sistema para los tanques de los productos inflamables. Estos tanques serían:
 1. Tolueno
 2. Nitrocelulosa
 3. Acetato de Etilo

Para la instalación de este sistema, deben tenerse en cuenta las propiedades de los líquidos que puedan provocar su obstrucción, como la condensación, la corrosión, o la cristalización. Sin embargo, ninguno de los productos que necesitan un sistema apagallamas son especialmente conflictivos por lo que se podrá utilizar un apagallamas estándar.

También es necesario implementar un venteo de emergencia, que permita aliviar el exceso de presión interna causado por un fuego exterior, en todo recipiente de almacenamiento en superficie. Todos los recipientes que se almacenan en superficie (Formaldehído, Ftalato de Dibutilo, y Acetato de etilo) son verticales, por lo que un techo móvil es una solución válida. La capacidad total de venteo normal y de emergencia serán suficientes para prevenir cualquier sobrepresión que pueda originar la ruptura del cuerpo o fondo del recipiente.

Por último, hay que tener en cuenta que para las tuberías de venteo para recipientes que almacenen líquidos de la subclase B1, estarán situadas de forma que los vapores sean descargados a una altura superior a 3,6 m sobre el nivel adyacente y, como mínimo, a 1,5 m de cualquier abertura de un edificio.

10.8. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La protección contra incendios en un almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles y sus instalaciones conexas está determinada por el tipo de líquido, la forma de almacenamiento, su situación, y la distancia a otros almacenamientos. Estudiando los requerimientos de los Reales Decretos RD 2267/2004 de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, y RD 513/2017 de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, se diseñarán las instalaciones de protección contra incendios necesarias.

También será necesario considerar las normas establecidas en la ITC MIE APQ-1, del RD 656/2017, ya estudiado anteriormente, para poder determinar qué medidas son necesarias instalar en el parque de almacenamiento.

En primer lugar, es importante conocer el establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios. El Anexo 1 del RD 2267/2004 clasifica el tipo de riesgo en relación al establecimiento. El establecimiento industrial desarrolla su actividad en un espacio abierto, por lo que se procede a calcular el nivel de riesgo intrínseco, que se calcula a través de una fórmula que se puede encontrar en el mismo anexo. Esta expresión, permite determinar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio. Se considera que todos los productos químicos almacenados en superficie afectan para calcularla.

Esta fórmula es particular para cada establecimiento, que en proyecto a tratar sería:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} * C_i * h_i * S_i}{A} * R_A \quad [18]$$

Donde cada parámetro es:

- Q_s : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².
- q_i : poder calorífico, en MJ/m³ o Mcal/m³, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

Este parámetro se obtiene a partir de las fichas técnicas de seguridad de cada producto, ya que existe una tabla en el anexo que proporciona información sobre los poderes caloríficos de diversos compuestos en MJ/m³, pero no aparece información sobre los objetos de estudio.

Sin embargo, tampoco en las fichas técnicas existe información relevante, por lo que supondremos que los productos son abonos químicos, con un $q_{vi}=200$ MJ/m³.

- C_i : coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

Este valor se puede obtener a través de la Tabla 16 que se encuentra en el mismo anexo:

TABLA 16: VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD

ALTA	MEDIA	BAJA
-Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1	-Líquidos clasificados como subclase B2 en la ITC MIE-APQ1	
-Líquidos clasificados como subclase B1 en la ITC MIE-APQ1	-Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1	
-Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100°C	-Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100°C y 200°C	-Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200°C
-Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente	-Sólidos que emiten gases inflamables	
-Productos que pueden iniciar su combustión espontánea en el aire a Temperatura ambiente		
Ci=1,60	Ci=1,3	Ci=1,00

FUENTE: RD 2267/2004

- s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m^2 .
- h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.
- R_A = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla. Se obtiene su valor a través de la tabla 1.2 del Anexo 1. La actividad industrial desarrollada es la asociada a la fabricación de cosméticos, que establece un valor de $R_A=1,5$.
- A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 . Se considera que es el espacio ocupado en el almacenamiento de los productos, y lo calcularemos como la suma de las superficies de ambos cubetos.
 $A = 71 + 41,28 = 112,28 m^2$ [19]

En la Tabla 17 se encuentran los valores de los parámetros de cada producto:

TABLA 17: PARÁMETROS PARA CALCULAR LA DENSIDAD DE CARGA

	$q_i(\text{MJ}/\text{m}^3)$	C_i	$h_i(\text{m})$	$S_i(\text{m}^2)$	R_A
Formaldehído	200	1,30	2,45	6,16	1,5
Ftalato de Dibutilo	200	1,30	5,8	7,068	1,5
Acetato de etilo	200	1,60	2,95	6,16	1,5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ya se puede calcular la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , que es igual a 272,5 MJ/m^2

Sabiendo la carga de fuego ponderada y corregida, ya se puede saber el nivel de riesgo intrínseco del área de incendio. Esta información la proporciona la Tabla 1.3 del mismo Anexo que se está estudiando.

TABLA 18: NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m^2	MJ/m^2
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como Q_s es inferior a 425 MJ/m^2 , el nivel de riesgo del área es bajo de nivel 1. Por lo tanto, sabiendo que se trata de un espacio abierto con nivel de riesgo bajo, se saben las medidas de protección activa que son requeridas para este proyecto:

- Extintores
- Sistemas manuales de alarma de incendios

- Bocas de Incendio Equipadas (aunque por las condiciones del proyecto no serían necesarias, es la medida de seguridad adicional que se ha escogido para poder aplicar el coeficiente reductor de distancias entre instalaciones)

10.8.1 EVACUACIÓN

Para una completa protección contra incendios, además de los elementos de protección contra incendios que se han mencionado anteriormente, es importante la organización de la evacuación de personas desde la zona afectada por el incendio. Para ello, el punto 6 del Anexo II del RD 2267/2004 indica los requisitos necesarios.

El establecimiento desarrolla su actividad en espacios abiertos, tipo D y E, por lo que se clasifica según los establecimientos tipo B. En este caso, el nivel de riesgo intrínseco indica la longitud del recorrido de evacuación en función del número de salidas.

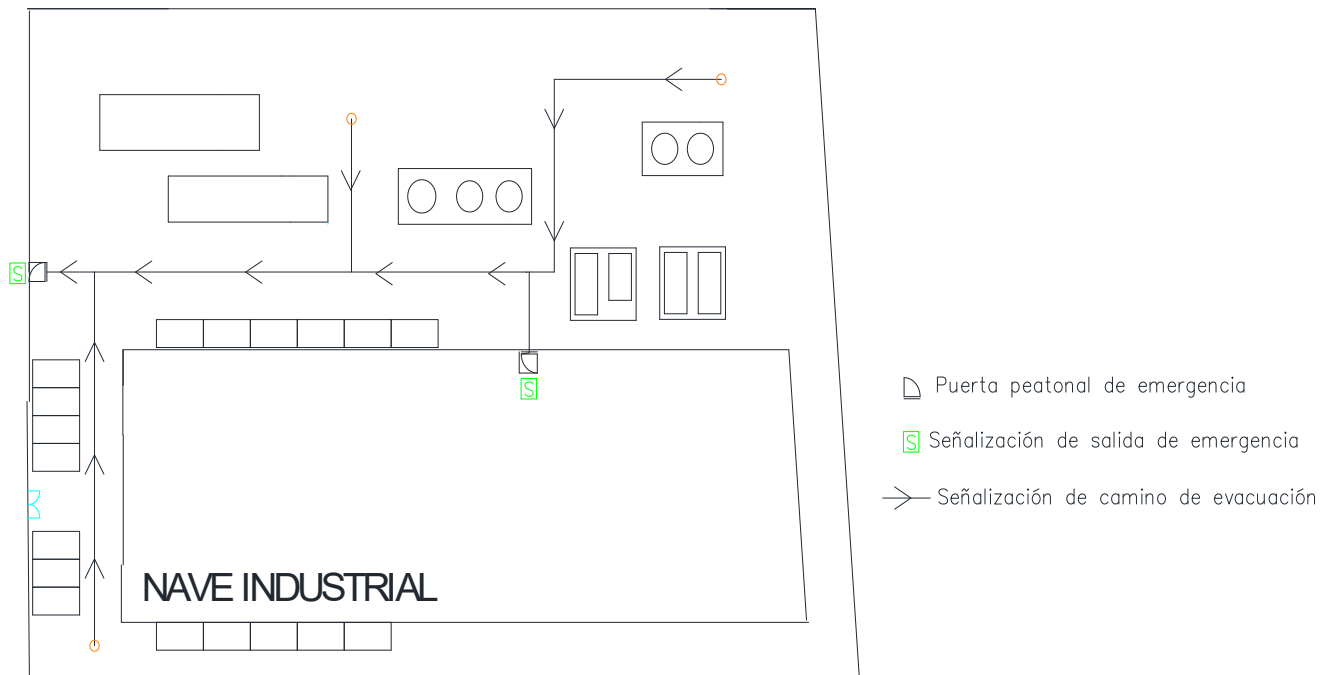
TABLA 19: SALIDAS DE EVACUACIÓN

Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo (*)	35 m(**)	50 m
Medio	25 m (***)	50 m
Alto	-	25 m

FUENTE: RD 2267/2004

El nivel de riesgo de la instalación es bajo, por lo que se ha optado disponer de dos salidas alternativas de forma que desde cualquier punto de la instalación hasta cada puerta peatonal sea de máximo 50 metros. Como se puede observar en la Figura 21, una puerta estará situada a la entrada, de forma que esta puerta será la de entrada de peatones a la instalación y de salida de emergencia en caso de incendio. La otra puerta, para cumplir con la normativa, recae a la nave industrial. Esta puerta, no es la de entrada a la nave, que ya estaba hecha, sino que es una puerta específica que se tiene que hacer para poder cumplir con la normativa del plan de emergencia contra incendios. En la Figura 21 también se muestran posibles caminos de evacuación, siempre inferiores a 50 metros.

FIGURA 21: PLAN DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

10.8.2. EXTINTORES

Los extintores son aparatos portátiles cuya utilidad es apagar fuegos o incendios de pequeña magnitud. En las instalaciones del almacenamiento y en todos los accesos a los cubetos deberá haber extintores de clase adecuada al riesgo. El anexo III del RD 2267/2004 establece los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, que permite conocer los requerimientos exigidos para la ubicación, número, y clase de extintores que se necesitan en el parque de almacenamiento.

El primer paso es determinar la clase de fuego de la instalación. En este caso el fuego es de clase B: fuegos de líquidos. Una vez clasificado el tipo de fuego, se determinará la dotación de extintores del sector incendio según la Tabla 3.2 del punto 8 del Anexo mencionado anteriormente, la cuál reconoce la dotación en función del volumen de productos químicos combustibles almacenados.

TABLA 20: DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES

	VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)			
	V ≤ 20	2 < V ≤ 50	50 < V ≤ 100	100 < V ≤ 200
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

FUENTE: RD 2267/2004

El volumen de los líquidos combustibles almacenados es de 100 m³ por lo que la eficacia mínima del extintor será 144B. Sin embargo, hay que tener en cuenta las notas 1 y 2 referentes a la tabla:



- (1) Cuando más del 50 por ciento del volumen de los combustibles líquidos, V, esté contenido en recipientes metálicos perfectamente cerrados, la eficacia mínima del extintor puede reducirse a la inmediatamente anterior de la clase B
- (2) Cuando el volumen de combustibles líquidos en el sector de incendio, V, supere los 200 l, se incrementará la dotación de extintores portátiles con extintores móviles sobre ruedas.

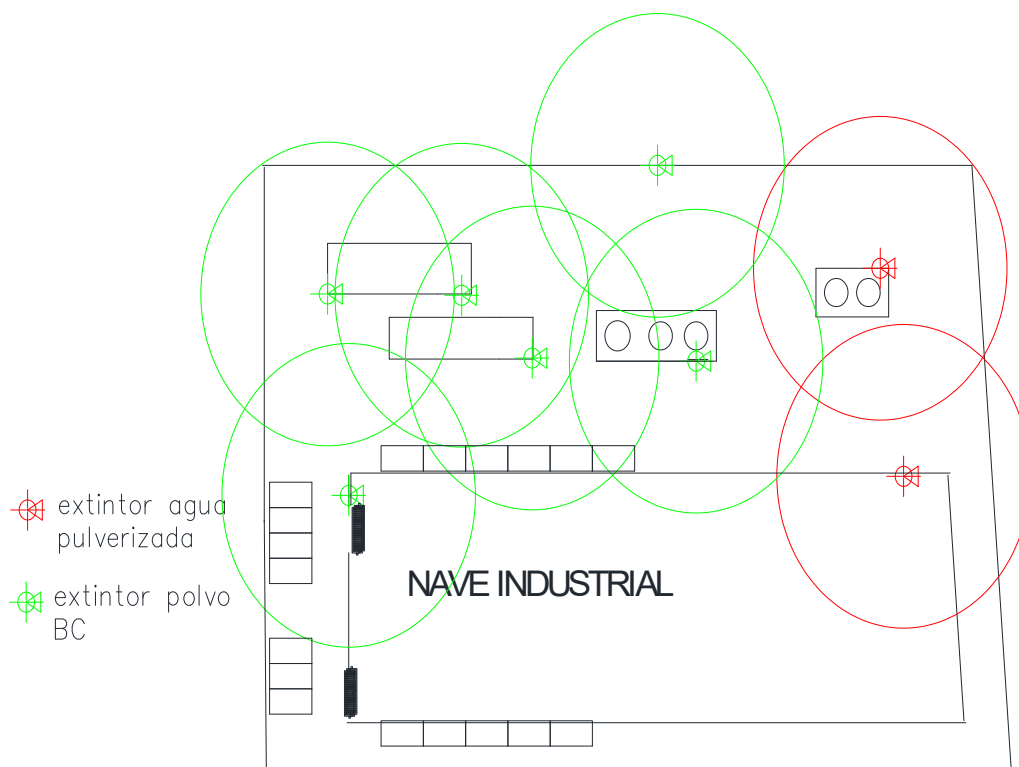
Los combustibles líquidos se encuentran en recipientes perfectamente cerrados, y además superarán los 200L de almacenamiento, por lo que se deben tener en cuenta las dos notas expuestas. Es por eso por lo que se podría reducir a una eficacia de 113B con la necesidad de un extintor móvil. Se optará por no reducir la eficacia y así se eliminará la necesidad del extintor sobre ruedas.

El emplazamiento de los extintores portátiles permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, y preferentemente sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede situada entre 80 y 120 cm sobre el suelo.

La distribución de extintores será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio, hasta el extintor, no supere 15 metros. Sin embargo, al tratarse de un área cuyo nivel de riesgo intrínseco es bajo 1, el recorrido máximo podría ampliarse a 25 m. Por seguridad, se usará la distancia máxima de recorrido de 15 metros, ya que al manejar líquidos inflamables lo mejor es tener una seguridad máxima contra posibles incendios. También se tendrá en cuenta que no está permitido el uso de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan bajo tensión eléctrica.

Ya se puede conocer el número y el tipo de extintores necesarios en el sector de incendios. Se necesitan dos extintores diferentes, dos de agua pulverizada, y seis de polvo ABC, todos de eficacia 144B y con una masa de 6 kg de agente extintor. Los extintores de agua pulverizada cubrirán la sección del cubeto formado por los dos depósitos de Formaldehído, ya que es el agente extintor que mejor lucha contra ese tipo de fuego. El resto del área, compuesta por el cubeto superficial restante, y los dos cargaderos, estará cubierta por los seis extintores de polvo ABC, ya que los cargaderos se encuentran bajo tensión eléctrica, y el polvo ABC es el más adecuado para el tipo de fuego que puede generarse.

FIGURA 22: DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

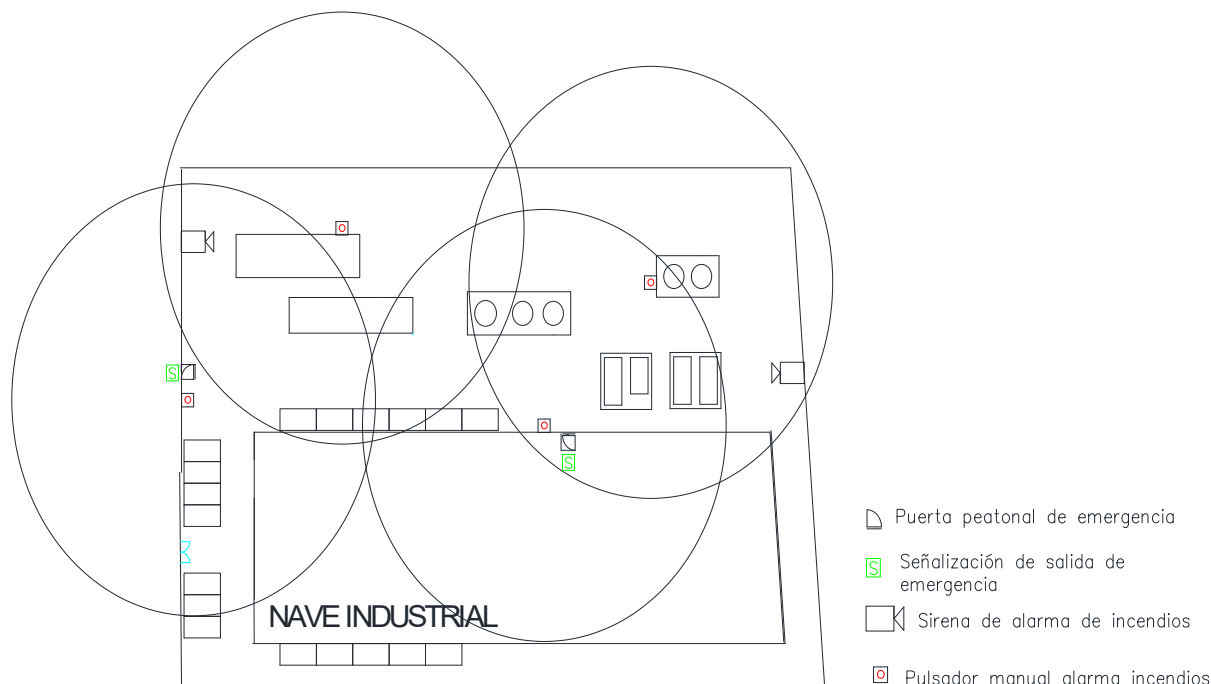
10.8.3. SISTEMA MANUAL DE ALARMA DE INCENDIOS

Los sistemas manuales de alarma de incendios es un sistema diseñado para ser activado en caso de incendio. Están constituidos por un conjunto de pulsadores que permiten provocar una señal a una central de control, que activa una sirena óptico-acústica que identifica la zona donde ha sido activado el pulsador.

Para realizar la protección de la instalación, el punto 4 del Anexo III del RD 2267/2004 establece que en caso de ser requerido un sistema manual de alarma de incendios, se situará un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

En total se instalarán 4 pulsadores, dos de los cuales estarán próximas a las puertas de emergencia. Además, se instalarán dos sirenas de incendios, de forma que la señal sea audible y visual en el área de incendio.

FIGURA 23: PLANO PULSADORES MANUALES PARA LA ALARMA DE INCENDIOS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

10.8.4. RED DE BOCAS DE INCENDIOS EQUIPADAS

El sistema está compuesto por una red de tuberías para la alimentación de agua, las Bocas de Incendio Equipadas (BIEs) necesarias, una red de tuberías de aguas, un depósito de abastecimiento de agua y un grupo de bombeo.

En primer lugar, se determinará el tipo de BIE que se necesita en la instalación según el nivel de riesgo intrínseco del establecimiento. Para ello, se extrae la siguiente tabla del punto 9.2 del Anexo III del RD 2267/2004, en el que se distinguen dos tipos de BIEs en función de su diámetro interior.

TABLA 21: TIPO DE BIE EN FUNCIÓN DEL RIESGO INTRÍNSECO

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 45 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm	2	60 min
ALTO	DN 45 mm	3	90 min

FUENTE: RD 2267/2004

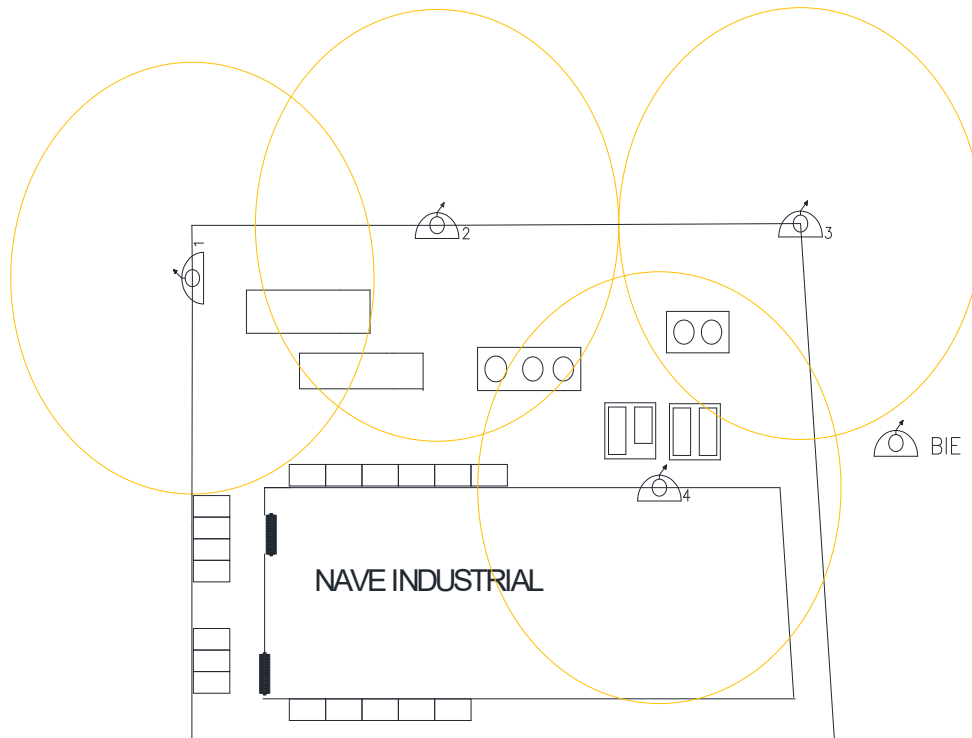
Dado el riesgo intrínseco bajo del área de incendios, se emplearían dos BIEs de DN 25 mm, funcionando simultáneamente y con un tiempo de autonomía de 60 minutos. Sin embargo, al tratarse de un local industrial en el que se almacenan combustibles con alto poder calorífico y productos inflamables, con los cuales se prevén incendios importantes, y por no disponer de salas de almacenamiento, se usarán las BIEs con DN 45 mm, con una simultaneidad de dos BIEs durante 60 minutos de autonomía. El diámetro equivalente mínimo es de 13 mm.

Para conocer el número de BIEs total necesario y su ubicación, es necesario conocer los requerimientos del punto 5 del Anexo I del RD 513/2017, *Sistemas de bocas de incendio equipadas*:

- El diámetro de 45 mm exige el uso de mangueras planas.
- Para asegurar los niveles de protección, el factor K mínimo para las BIE con manguera semirrígida será de 85.
- La longitud máxima de la manguera semirrígida es de 20 metros.
- Deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la boquilla y la válvula de apertura manual y el sistema de apertura del armario, estén situadas como máximo a 1,50 metros sobre el nivel del suelo.
- El número total y distribución de las BIE's será tal que la totalidad de la superficie quede cubierta por una BIE, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera incrementada en 5m. En este caso el radio máximo de acción sería de 25 metros.
- La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50m.
- Alrededor de cada BIE habrá una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

En base a los requisitos mencionados, será necesaria la instalación de 4 BIE's para cubrir todo el área de incendio, tal y como se muestra en el plano representado en la Figura 24:

FIGURA 24: PLANO DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

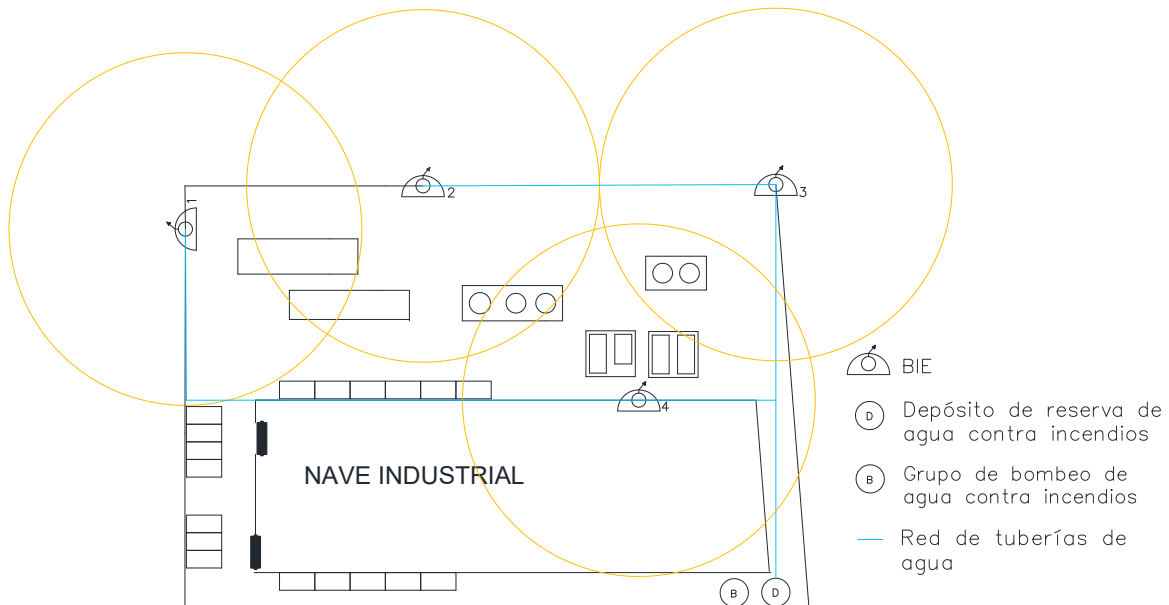
Como se puede apreciar en el plano, tres BIE's serían suficientes para cubrir el área de incendios. Sin embargo, se ha tenido en cuenta que la separación entre cada BIE y la más cercana tiene que ser de 50 metros, siguiendo un camino libre de obstáculos.

Para tener el sistema de Bocas de Incendio Equipadas completo, es necesario el cálculo de las canalizaciones. Para ello, en primer lugar, será necesaria la situación del grupo de bombeo así como del depósito de abastecimiento de agua. El cuadro III-1 del artículo 17 de la ITC-MIE-APQ1, nos permite conocer las distancias desde el grupo de bombeo hasta otras instalaciones:

- Producto clase B: 30 metros
- Producto clase C: 25 metros
- Cargadero clase B: 30 metros
- Cargadero clase C: 25 metros
- No hay requerimientos de distancia entre el grupo de bombeo y el edificio administrativo, ni entre el grupo de bombeo y las vías de comunicación pública

Finalmente, queda ubicado el grupo de bombeo, el depósito de abastecimiento de agua contra incendios, y la red de tuberías de agua, tal y como se muestra en la Figura 25:

FIGURA 25: PLANO DE RED DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS

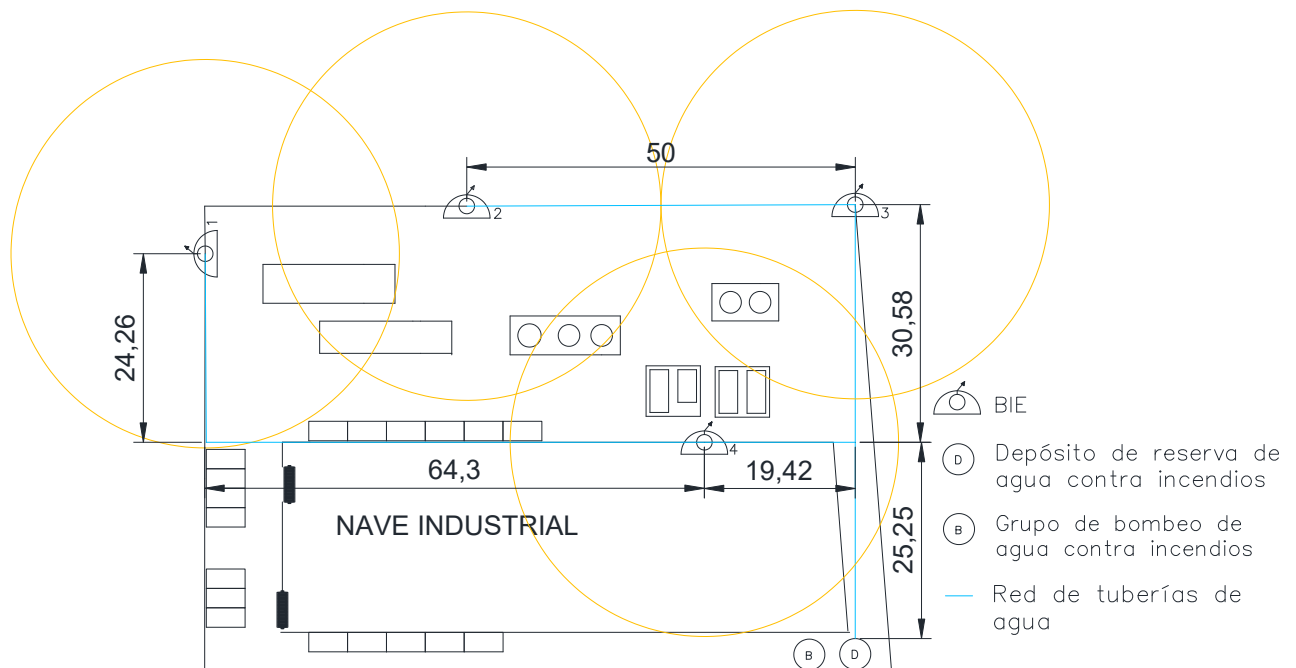


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Una vez realizada la distribución del sistema, se procede al diseño de la red de tuberías. Para que la red funcione correctamente, se realizarán los cálculos con respecto a las dos BIE's hidráulicamente más desfavorables. Estas dos BIE's deben asegurar un correcto funcionamiento durante una hora, con una presión mínima en el orificio de salida de 2 bar, y máxima de 5 bar. Además, como son BIE's de 45 mm se ha de garantizar un caudal de 200 L/min en cada una de ellas.

Para realizar un correcto dimensionamiento, en primer lugar, se determinarán las dos BIE's más desfavorables. Como todas las BIE's se encuentran a una cota igual a 1,5 metros sobre el suelo, el término de la cota no será decisivo a la hora de conocer las dos BIE's más desfavorables. Será la distancia desde el depósito hasta cada BIE lo que nos permitirá seleccionarlas, ya que cuanto más distancia recorra el agua en un conducto, mayores serán las pérdidas por fricción.

FIGURA 26: PLANO DE RED DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS CON DISTANCIAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por lo tanto, las dos BIE's más desfavorables son la 1 y la 4. La distancia que el agua tiene que recorrer desde el depósito hasta llegar a la BIE más lejana, se dividirá en tramos, siendo el primer tramo desde el depósito hasta la BIE 4, y el segundo tramo desde la BIE 4 hasta la BIE 1, las longitudes de cada tramos son:

$$L_{D-4} = 25,25 + 19,42 = 44,67 \text{ m}$$

$$L_{4-1} = 64,3 + 24,26 = 88,56 \text{ m}$$

Para el cálculo del diámetro de las tuberías de agua, se aplica la ecuación (17), (ecuación de continuidad):

$$Q = v * S = v * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Siendo:

- $Q(\text{m}^3/\text{s})$: Caudal que circula por cada BIE
- $v(\text{m}/\text{s})$: Velocidad del flujo que circula por la tubería. En las instalaciones contra incendios, esta velocidad debe estar comprendida entre 1 y 3 m/s, por lo que se supondrá una velocidad de 2 m/s.
- $S(\text{m}^2)$: Sección de cada tramo de tubería de agua.

Como ya se ha explicado anteriormente, se debe asegurar un caudal mínimo de 200L/min en cada BIE, por lo que el caudal que circula en cada tramo sería:

- $Q_{D-4} = 400\text{L}/\text{min} = 0,00667 \text{ m}^3/\text{s}$

- $Q_{4-1}=200\text{L}/\text{min}=0,00333\text{ m}^3/\text{s}$

Como ya se sabe el caudal mínimo que debe circular por cada tramo, se puede aplicar la ecuación [35] para el cálculo de los diámetros de las conducciones:

- Tramo D-4:

$$Q_{D-4} = 0,00667 = 2 * \frac{\pi * D_{3-2}^2}{4} \rightarrow D_{D-4} = \sqrt{\frac{4 * 0,00667}{\pi * 2}} = 0,0651\text{ m}$$

- Tramo 4-1:

$$Q_{4-1} = 0,00333 = 2 * \frac{\pi * D_{2-1}^2}{4} \rightarrow D_{4-1} = \sqrt{\frac{4 * 0,00333}{\pi * 2}} = 0,046\text{ m}$$

Se procede a la selección de un modelo comercial para determinar el diámetro normalizado de las tuberías. Para ello, se consulta el catálogo de tuberías Almesa . Es conveniente recordar, que el diámetro calculado es el interior. Así pues, consultando el catálogo se obtienen los diámetros finales:

- $D_{D-4}=72,5\text{ mm}$
- $D_{4-1}=56,7\text{ mm}$

Para el resto de conducciones, que transportan agua hasta las BIE's 2 y 3, lo harán con un caudal máximo de 200 l/min, por no ser hidráulicamente desfavorables, y por lo tanto, su diámetro interior será de 56,7 mm.

Para finalizar el diseño de las tuberías de agua, especificar que la red de tuberías es subterránea, ya que si no lo fuera, interrumpiría la circulación de vehículos.

Una vez conocidos los diámetros de las conducciones, se procede a calcular la altura que debe proporcionar la bomba para que el agua llegue a las BIE's superando las pérdidas de carga, y localizadas. Para calcularla, se aplica la ecuación de Bernoulli, entre el depósito de agua y la BIE 1, por ser la que se encuentra más alejada del depósito, y por esa razón, la que más pérdidas por fricción tendrá que superar:

$$\frac{P_D}{\gamma} + z_D + \frac{v_D^2}{2g} + h_B = \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_p \quad [20]$$

Donde queda término es:

- P_i : Presión en el punto i (Pa)
- γ : Peso específico del fluido. Como es agua, su valor es de 9810 (N/m³)
- z_i : Altura de cota en el punto i (m)
- v_i : Velocidad en el punto i (m/s)
- g : Aceleración por gravedad, su valor es de 9,81 (m/s²)
- h_B : Altura que debe proporcionar la bomba (m)
- h_p : Pérdidas. El término incluye las pérdidas por fricción y las localizadas.

Ahora que se conoce cada término, se pueden realizar una serie de simplificaciones:

- En primer lugar, el depósito es atmosférico, por lo que $P_D=0$.

- Se considera que las cotas son iguales en los dos puntos: $z_D = z_1$
- La velocidad tanto en el depósito como en la BIE se considera prácticamente nula: $v_D = v_1 = 0$

Dadas las simplificaciones, la ecuación de Bernoulli queda de la siguiente manera:

$$h_B = \frac{P_1}{\gamma} + h_p$$

Se procede a calcular el término de las pérdidas, que será la suma de las pérdidas por fricción, debidas al roce del agua con la tubería en los tramos rectos, y de las pérdidas de carga localizadas, que se deben a la perturbación del flujo en diversos elementos de la tubería, como en uniones, codos etc.

En primer lugar, se calcularán las pérdidas por fricción. Para ello, se usa la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \quad [21]$$

Siendo:

- f : Factor de fricción. Es un parámetro adimensional que depende del número de Reynolds (que relaciona las fuerzas de inercia y viscosas, clasificando el flujo como laminar o turbulento) y de la rugosidad relativa de la tubería (cociente entre la rugosidad absoluta y el diámetro)
- L : Longitud de la tubería (m)
- Q : Caudal que circula por la tubería (m^3/s)
- g : Aceleración por gravedad, $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$
- D : Diámetro de la tubería (m)

Se conocen todos los términos a excepción del factor de fricción. Para calcularlo, en primer lugar, debemos conocer el tipo de flujo, que lo determina el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * D}{\nu} \quad [22]$$

Siendo:

- Re : número de Reynolds. Si es inferior a 2000, el régimen es laminar, si es mayor de 4000, el régimen es turbulento.
- v : Velocidad media en el tramo de tubería (m/s)
- ν : Viscosidad cinemática del fluido, que en el caso del agua su valor es de $10^{-6} \text{ (m}^2\text{/s)}$
- D : diámetro interior en cada tramo de tubería(m).

Como la viscosidad cinemática del agua es de $10^{-6} \text{ m}^2\text{/s}$, el número de Reynolds sería $Re = 10^6 * v * D$. Como quiera que cuanto menor sea el diámetro menor es el Reynolds, la hipótesis más desfavorable corresponde a las tuberías más estrechas que podamos encontrar en la práctica, las de las instalaciones interiores de una vivienda. Unos $10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$. En ellas el Reynolds resultante es $10000 * v$ por lo que sólo para valores inferiores a $0,4 \text{ m/s}$ sería inferior a 4000 el umbral que ya no garantiza la turbulencia del flujo. Por lo tanto, se sabe que el régimen por el que circula el agua es turbulento, y por lo tanto, la ecuación que hay que aplicar para el cálculo del factor de fricción es la de Swamee y Jain:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\epsilon_r}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \right]^2} \quad [23]$$

Donde:

- ε_r : Rugosidad relativa de la tubería (ε/D). La rugosidad absoluta es de 0,045 mm por ser tuberías de acero comercial. D es el diámetro interior de cada tramo de tubería.
- Re: Número de Reynolds en cada tramo de tubería.

Ya podemos calcular el factor de fricción en cada tramo de la tubería. La Tabla 22 muestra los parámetros necesarios, y el valor de f en cada tramo, se consideran los tramos necesarios para llegar a la BIE 1.

TABLA 22: PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE FRICCIÓN

	$\varepsilon(m)$	$D(m)$	ε_r	$Q(m^3/s)$	$V(m/s)$	Re	f
TRAMO D-4	$0,045 \cdot 10^{-3}$	0,0725	0,00062	0,00666	1,613	116942	0,0205
TRAMO 4-1	$0,045 \cdot 10^{-3}$	0,0567	0,00079	0,00333	1,318	74730	0,0223

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por lo tanto, ya se puede calcular las pérdidas por fricción de cada tramo de la tubería, aplicando la ecuación [21]:

1. Tramo D-4:

$$h_{f(D-4)} = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 0,0205 * 44,67 * 0,00666^2}{\pi^2 * 9,81 * 0,0725^5} = 1,675 \text{ mca}$$

2. Tramo 4-1:

$$h_{f(4-1)} = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 0,0223 * 88,56 * 0,00333^2}{\pi^2 * 9,81 * 0,0567^5} = 3,08 \text{ mca}$$

Para poder conocer las pérdidas totales, falta el cálculo de las pérdidas de carga localizadas. En este caso, se tienen dos codos de 90º, uno en el tramo D-4 y otro en el tramo 4-1. Para el cálculo de estas pérdidas, una constante K adimensional es suficiente para determinarlas.

$$h_L = K * \frac{v^2}{2g} \quad [24]$$

Para un codo de 90º, se estima un valor de K de 0,8, según el libro de *Mecánica de Fluidos*. Para la fracción, si no se indica lo contrario, se refiere a la altura de velocidad del diámetro nominal del elemento que en este caso, está bien definido. Así pues:

$$h_{L(D-4)} = 0,8 * \frac{1,613^2}{2 * 9,81} = 0,106 \text{ mca}$$

$$h_{L(4-1)} = 0,8 * \frac{1,318^2}{2 * 9,81} = 0,071 \text{ mca}$$

Así pues, ya se pueden calcular las pérdidas totales desde el depósito hasta la BIE 1:

$$h_p = h_{f(D-4)} + h_{f(4-1)} + h_{L(D-4)} + h_{L(4-1)} = 1,675 + 3,08 + 0,106 + 0,071 = 4,932 \text{ mca}$$

Ya se puede calcular la altura que debe aportar la bomba. Dado que la presión mínima en el orificio de salida es de 2 bar, y la máxima de 5 bar, se usará la máxima en la ecuación para calcular la situación más estricta en la que tendría que trabajar la bomba. En la ecuación de Bernoulli todos los términos están expresados en metros, por lo que la presión se pasará de bar a Pa, para que al dividir la presión entre el peso específico se quede referido en altura.

$$5 \text{ bar} = 5 * 10^5 \text{ Pa}$$

$$h_B = \frac{5 * 10^5}{9810} + 4,932 = 55,9 \text{ m}$$

La potencia útil mínima que debe aportar la bomba, suministrando 400L/min sera:

$$P_{\text{útil}} = \gamma * Q * h_B = 9810 * 0,00667 * 55,9 = 3655,86 \text{ W} = 3,65586 \text{ kW} \quad [25]$$

Sabiendo la altura y potencia mínima que debe aportar la bomba, se procede a la selección del equipo de bombeo. Se elige el modelo AF 3M 32-200/11 del catálogo de la empresa Ebara Pumps, que aporta una altura de 60 mca, con un caudal de 24 m³/h.

Por último, se dimensionará el depósito de agua. Es la fuente que abastece de agua las BIE's por lo que debe aportar el caudal necesario a las dos BIE's más desfavorables durante una hora consecutiva. El caudal que se suministrará será de 400 L/min, ya que a la última BIE tienen que llegar 200L/min y al pasar por la primera disminuye 200L/min. La capacidad del depósito es por tanto:

$$Capacidad_{\text{depósito}} = Q \left(\frac{m^3}{min} \right) * t_{\text{funcionamiento}} (\text{min}) = 0,4 \left(\frac{m^3}{min} \right) * 60 \text{ min} = 24 \text{ m}^3 \quad [26]$$

Se escogerá un depósito superficial aéreo vertical de la marca Biotanks. El modelo será DVA-250300, con diámetro D=3 m, y altura H=3,6 m.

10.9. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

El artículo 24 de la ITC-MIE-APQ1 establece la obligación de disponer una instalación de protección contra el rayo para los almacenamientos fijos de superficies. Los sistemas de protección contra el rayo (SPCR) permiten proteger estructuras, edificios, e incluso personas de la acción del rayo en caso de tormentas eléctricas. Los depósitos de almacenamiento están conectados a tierra, sin embargo esto no es suficiente para la completa protección frente descargas atmosféricas.

Para un correcto diseño del sistema, se han de seguir los pasos establecidos en la *UNE 21186:2011: Protección de estructuras, edificaciones, y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado*. Esta norma regula el diseño, realización, revisión y mantenimiento de las instalaciones

realizadas con pararrayos con dispositivo de cebado (PDC). Este sistema está formado por un cabezal que incorpora sistemas activos capaces de proteger grandes áreas y conducir de forma controlada la energía del rayo hacia la tierra. El objetivo es proteger con la mayor eficacia posible personas y bienes materiales.

Estos sistemas consideran una protección integral, formada por una instalación exterior de protección contra el rayo (IEPR) para proteger frente al impacto directo del rayo; una instalación interior de protección contra el rayo complementaria (IIPR) para proteger las instalaciones y equipos frente a las sobretensiones y corrientes que el rayo pueda generar; y una red de tierra.

Sin embargo, para poder realizar el diseño del sistema, se debe conocer la exigencia que requiere la instalación. La información se puede encontrar en el *Documento Básico de seguridad de utilización y accesibilidad*, en la Sección 8: *Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo* (SUA 8). El primer paso que establece el documento, es verificar si es necesaria la instalación en el parque de almacenamiento, que será necesaria en cualquiera de estas condiciones:

1. Cuando la frecuencia esperada de impactos (N_e) > el riesgo admisible (N_a).
2. Los edificios en los que se manipulen sustancias tóxicas, radioactivas, altamente inflamables o explosivas.
3. Edificios con altura superior a 43 metros.

Como en el parque se almacenan sustancias inflamables, se confirma que será obligatoria la instalación del pararrayos.

El siguiente paso es conocer la eficacia que requiere la instalación que se está estudiando, que se determina con la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} \quad [27]$$

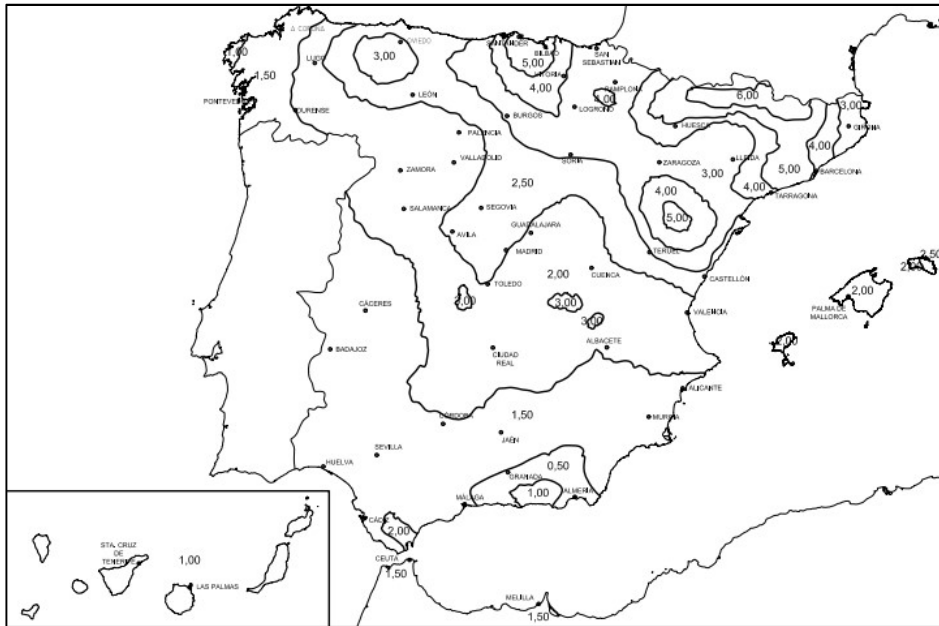
La frecuencia esperada de impactos (nº impactos/año) se puede calcular con la siguiente expresión:

$$N_e = N_g * A_e * C_1 * 10^{-6} \quad [28]$$

Siendo:

- N_g : densidad de impactos sobre el terreno (nº impactos/año, km²), que depende de la situación geográfica del establecimiento, su valor se puede conocer según el mapa de densidad de impactos sobre el terreno que nos proporciona el documento:

FIGURA 27: MAPA DE DENSIDAD DE IMPACTOS SOBRE EL TERRENO

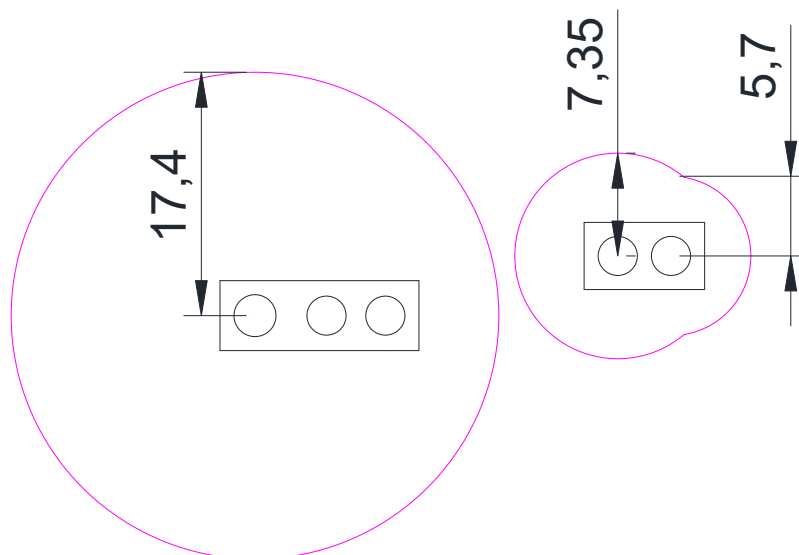


FUENTE: DB SUA 8

Al ubicarse en Valencia, concretamente en Ribarroja del Turia, $N_g=2$

- A_e : superficie delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura en el punto del perímetro considerado. Se calcula gráficamente, como se puede apreciar en la Figura 28. Su valor es de $1146,4 \text{ m}^2$.

FIGURA 28: SUPERFICIE EQUIVALENTE, A_e



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- C_1 : Coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 23. Su valor es de 0,5 ya que la altura máxima de los cubetos es de 5,8 metros, y los edificios próximos tienen una altura mayor, comprendida entre 10 y 15 metros.

TABLA 23: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE C1

Situación del edificio	C1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

FUENTE: SUA 8

Ya se puede calcular el valor de N_e , se procede a sustituir los valores calculados en la ecuación 28:

$$N_e = N_g * A_e * C_1 * 10^{-6} = 2 * 1146,4 * 0,5 * 10^{-6} = 1,15 * 10^{-3}$$

Por otro lado, el riesgo admisible (N_a) se calcula a través de la expresión:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 * C_3 * C_4 * C_5} * 10^{-3} \quad [29]$$

Siendo:

- C_2 : Coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la Tabla 24. Toma un valor $C_2=1$ por ser la estructura de hormigón y la cubierta metálica.

TABLA 24: COEFICIENTE C2

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura de metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

FUENTE: DB SUA 8

- C_3 : Coeficiente en función del contenido del edificio, según la Tabla 25.

TABLA 25: COEFICIENTE C3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

FUENTE: DB SUA 8

Al almacenar productos inflamables, $C_3=3$.

- C_4 : Coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la Tabla 26.

TABLA 26: COEFICIENTE C4. FUENTE: DB SUA 8

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

$C_4=1$ por no estar clasificado en ninguna categoría que no sea “resto de edificios”

- C_5 : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio. $C_5=1$ por incluirse en la categoría “resto de edificios” según la Tabla 27.

TABLA 27: COEFICIENTE C_5

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos....) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

FUENTE: SUA 8

Ya se pueda calcular N_a sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 29.

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 * C_3 * C_4 * C_5} * 10^{-3} = \frac{5,5}{1 * 3 * 1 * 1} * 10^{-3} = 1,83 * 10^{-3}$$

Finalmente, ya se puede calcular la eficacia E requerida para la instalación de protección contra rayo, según la Ecuación 27. Sin embargo, $N_a > N_e$, por lo que la eficiencia $E < 0$.

Este valor, aunque no se encuentra clasificado en la Tabla 28, que ha sido extraída del mismo documento, se considera que se encuentra en el rango $0 \leq E \leq 0,8$ que establece un nivel de protección 4, el menor de los posibles.

TABLA 28: NIVEL DE PROTECCIÓN EN FUNCIÓN DE LA EFICIENCIA

Eficiencia requerida	Nivel de protección
$E \geq 0,98$	1
$0,95 \leq E \leq 0,98$	2
$0,8 \leq E \leq 0,95$	3
$0 \leq E \leq 0,8$	4

FUENTE: SUA 8

Las características del sistema para cada nivel de protección se describen en el Anexo SUA B. Los sistemas de protección contra el rayo deben constar de un sistema externo, un sistema interno y una red de tierra, como se ha explicado anteriormente. Se procede al diseño de estos con los requerimientos establecidos en el documento según el nivel de protección 4.

En primer lugar, se seleccionará el pararrayos a comprar en función del nivel de protección necesario. Se elige el *Pararrayos INGESCO PDC 6.4*, que es un pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico, normalizado según la norma UNE 21.186:2011. Esta elección conlleva una serie de beneficios:

- Al ser un pararrayos no electrónico, garantiza una máxima durabilidad.
- Nivel de protección clasificado de muy alto.
- Conserva todas sus propiedades técnicas iniciales después de cada descarga.
- Garantía de funcionamiento en cualquier condición atmosférica.
- Alta resistencia a la temperatura, a la intemperie y atmósferas corrosivas
- Sin mantenimiento.
- Un sistema de aislamiento certificado por el Laboratorio de Alta Tensión LABELEC.

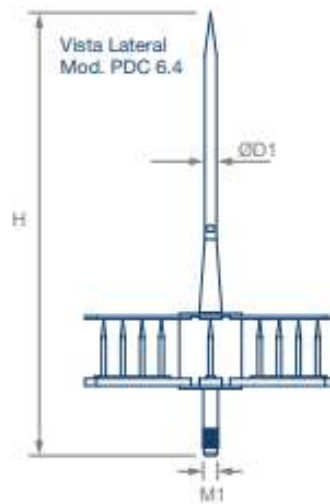
A continuación, se adjunta una tabla con la información:

TABLA 29. INFORMACIÓN PARARRAYOS

Modelo	Referencia	Material	H(mm)	D1 (mm)	M1	A(mm)	Peso
6.4	101009	Acero Inox. AISI316L.	598	16	M 20	186	4150

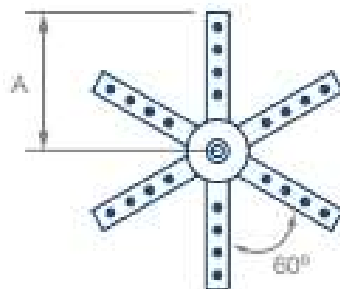
FUENTE: CATÁLOGO INGESCO

FIGURA 29: VISTA LATERAL PARARRAYOS PDC 6.4



FUENTE: CATÁLOGO INGESCO

FIGURA 30: VISTA SUPERIOR PARARRAYOS PDC 6.4



FUENTE: CATÁLOGO INGESCO

- Sistema externo: Está formado por derivadores o conductores de bajada, y por dispositivos captadores.

En primer lugar, se diseñarán los dispositivos captadores. El diseño de la instalación se hará en función del nivel de protección requerido. El volumen protegido por el pararrayos se define:

- Bajo el plano horizontal situado 5 metros por debajo de la punta, es igual al de una esfera cuyo centro se sitúa en la vertical de la punta a una distancia D y cuyo radio es:

$$R = D + \Delta L \quad [30]$$

Siendo:

- R : Radio de la esfera que define la zona protegida, en metros.
- D : Distancia que figura en la Tabla 30, extraída del mismo anexo, en metros.

TABLA 30: DISTANCIA D

Nivel de protección	Distancia D
1	20
2	30
3	45
4	60

FUENTE: ANEXO SUA B

$D=60$ ya que se tiene un nivel de protección 4.

- ΔL : Distancia, en metros, función del tiempo del avance en el cebado Δt del pararrayos en μs . Se adoptará $\Delta L = \Delta t$ para valores de Δt inferiores o iguales a $60 \mu s$, y $\Delta L = 60$ m para valores de Δt superiores. Para el pararrayos escogido, y el nivel de protección dado, el catálogo establece un $\Delta t = 60 \mu s$, por lo que $\Delta L = 60$ metros.

Ya se puede calcular el radio de la esfera que protege la zona, sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 30:

$$R = D + \Delta L = 60 + 60 = 120 \text{ m}$$

- El volumen protegido que quedaría por encima de este plano es el de un cono definido por la punta de captación y el círculo de intersección entre este plano y la esfera. Para facilitar la comprensión de como queda finalmente el volumen protegido, el mismo Anexo nos proporciona una imagen de este, que se adjunta a continuación:

FIGURA 31: VOLUMEN PROTEGIDO POR EL PARARRAYOS

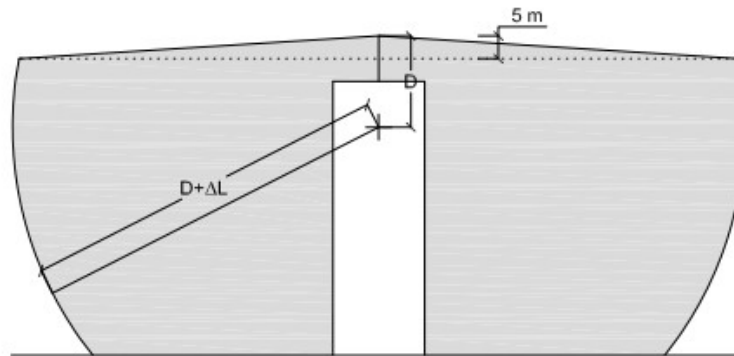
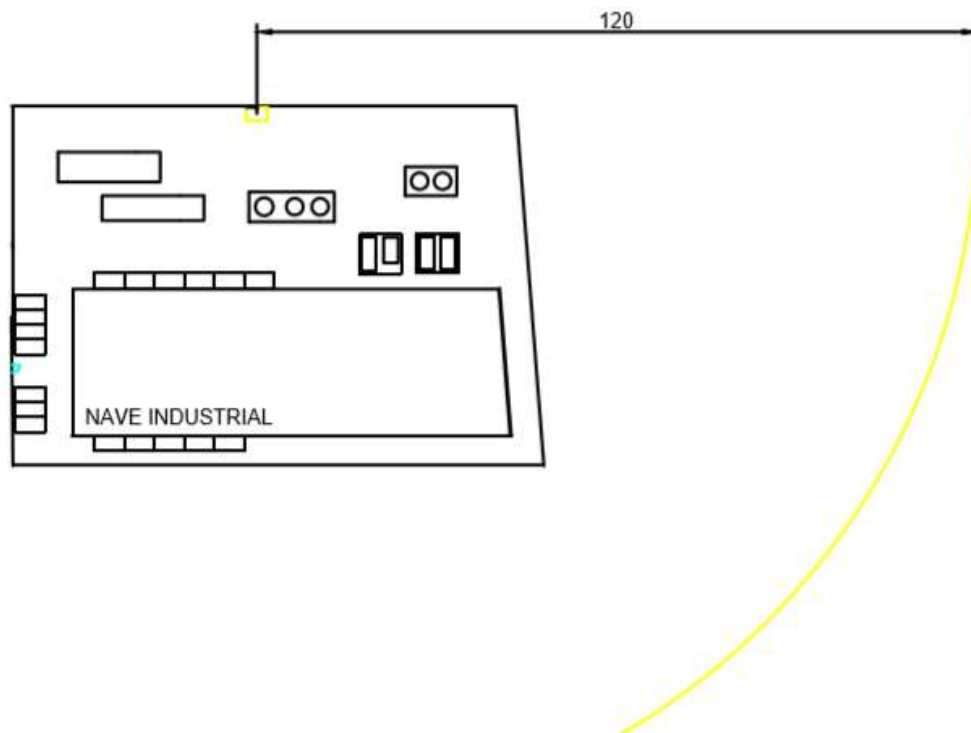


FIGURA 32: ANEXO SUA B

Ya se puede conocer la ubicación del pararrayos, queda representado en la Figura 33 junto con su radio de protección.

FIGURA 33: UBICACIÓN DEL PARARRAYOS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por último, se diseñan los derivadores o conductores de bajada. Los derivadores conducen la corriente de descarga atmosférica desde el dispositivo captador a la toma de tierra. Para que no se produzcan calentamientos, o elevaciones de potencial, se debe cumplir:

- Debe haber al menos un conductor de bajada por cada pararrayos con dispositivo de cebado.
- La longitudes de las trayectorias deben ser lo más reducidas posibles.

- Deben preverse conexiones equipotenciales entre los derivadores a nivel del suelo y cada 20 metros.
- **Sistema interno:** Comprende los dispositivos que reducen los efectos eléctricos y magnéticos de la corriente de la descarga atmosférica dentro del espacio a proteger. Para un correcto funcionamiento del sistema, debe unirse la estructura metálica del edificio, la instalación metálica, los elementos conductores externos, los circuitos eléctricos del espacio protegido, y el sistema externo, con conductores equipotenciales.
- **Red de tierra:** La conexión a tierra en el pararrayos es indispensable para que pueda realizar su función de protección. Esta compuesta por los siguientes elementos:
 - El elemento de protección (pararrayos) cuyo potencial quiere fijarse al mismo que tierra.
 - Un electrodo metálico (E), enterrado en el terreno.
 - Un conductor (C), que conecta eléctricamente la masa M con el electrodo E.

En condiciones normales, los potenciales del electrodo (U_E), del pararrayos (U_P), y de la tierra, tanto cerca del electrodo (U_T) como a una distancia considerada infinita (U), son iguales a cero:

$$U_E = U_P = U_T = U = 0$$

Sin embargo, si se produce una descarga atmosférica, la instalación eléctrica impone Al pararrayos un potencial distinto de cero: $U_P \neq 0$

En estas condiciones, por la diferencia de potencial que se produce, circula una corriente de defecto (I_d) desde el electrodo hacia tierra. Esta corriente se difunde por el terreno alterando la distribución de potenciales:

- El terreno en contacto con el electrodo adquiere un potencial U_t igual al del electrodo, e igual al del elemento de protección.
- El terreno suficientemente alejado del electrodo mantiene su potencial a cero: $U=0$

El objetivo es permitir el paso a tierra de las corrientes de descarga de origen atmosférico, a través de un camino de baja impedancia entre las partes activas y tierra. Si el paso a tierra de la corriente de descarga se produjera a través de elementos cuya resistencia de puesta a tierra no fuera lo suficientemente baja, se producirían diferencias de potencial elevadas en el terreno. Las recomendaciones marcadas por la normativa UNE 21186/2011 indican que las puestas a tierra deben tener un valor ohmico bajo (inferior a 10Ω)

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra en primer lugar se seleccionará el electrodo a enterrar. Se elige de la misma empresa que el pararrayos: INGESCO. Se escoge un electrodo de placa de cobre, que es adecuado para terrenos de alta resistividad, y cuyas dimensiones cumplen con las mínimas requeridas según la normativa de protección contra rayo. El parrayos estará unido a tierra con dos bajantes como mínimo, por lo que se comprarán dos electrodos iguales.

TABLA 31: INFORMACIÓN ELECTRODOS A ENTERRAR

Descripción	Referencia	Material	Dimensiones
Placa Cu	251011	Cobre	500x500x2

FUENTE: CATÁLOGO INGESCO

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra (R_T) se realiza en función de las dimensiones geométricas del electrodo y de la resistividad del terreno. El libro de “*Tecnología eléctrica*” nos proporciona una expresión para calcularla:

$$R_T = 1.6 * \frac{\rho}{P} \quad [31]$$

Siendo:

- ρ : Resistividad del terreno (ohmio*metro). El mismo libro nos proporciona una tabla con la resistividad según la naturaleza del terreno. Para suelo pedregoso desnudo, que es el que más se asemeja al tipo de suelo en que hay que enterrar el electrodo, tiene un valor de $1500 \Omega * m$
- P: Perímetro de la placa. $P=500+500=1000$

Así pues, sustituyendo estos valores en la fórmula 31: $R_T = 1.6 * \frac{1500}{1000} = 2.4 \Omega$

Por último, para que el sistema esté completo, será necesaria la compra de dos conductores de bajada (ya que el PCDC requiere dos bajantes como mínimo). La misma empresa nos los proporciona. Se selecciona el cable trenzado de cobre de 50 mm^2 de sección, y cuyas características se muestran en la Tabla 32:

TABLA 32: CARACTERÍSTICAS CONDUCTOR DE BAJADA

Descripción	Referencia	Material	Peso(g/m)
Cable trenzado de cobre 50 mm^2	117072	Cu	500

FUENTE: CATÁLOGO INGESCO

La empresa nos advierte que la parte inferior del bajante debe estar protegido mediante un tubo de protección de 2 metros como mínimo. Se adquiere a la empresa INGESCO nuevamente dos tubos de protección de acero galvanizado, referencia 119109. Estos tubos tienen una longitud exacta de 2 metros, por lo que serán suficiente para proteger las bajantes.

11. INSTRUCCIONES PARA EL USO, CONSERVACIÓN, Y SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN.

En este capítulo se establecen las normas que hay que seguir para que la instalación se conserve en buenas condiciones. Es un requisito indispensable también para garantizar la seguridad de los trabajadores. El capítulo X de la ITC MIE APQ-1 nos proporciona una serie de obligaciones de uso y mantenimiento que se deberán tener en cuenta.

En primer lugar, se destacarán algunas normas del artículo 49 “*Medidas de seguridad*” que hacen referencia a las instalaciones de seguridad, a la formación e información de los trabajadores, y al plan de mantenimiento necesario previsto:

- Se instalarán duchas y lavaojos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, especialmente en áreas de carga y descarga.
- Los almacenamientos e instalaciones de carga y descarga se diseñarán con ventilación natural o forzada.
- Se establecerá por escrito la secuencia de operaciones a realizar y se pondrán a disposición de los trabajadores que estén al cargo.
- El personal encargado del almacenamiento de productos químicos recibirá una formación específica sobre: las propiedades, identificación y etiquetado de los productos que almacena; del buen uso de las instalaciones de seguridad, así como de los elementos de protección individual; Las posibles consecuencias de un incorrecto funcionamiento o uso de los elementos de seguridad; Y del peligro que puede conllevar una fuga o derrame de los productos químicos y acciones que debe adoptar en ese caso.
- En cuanto al plan de mantenimiento, debe incluir revisiones periódicas de duchas y lavaojos, equipos de protección individual, y de equipos e instalaciones de protección contra incendios. Además, se mantendrá un registro de las revisiones realizadas.

El artículo 50 “*Operación y mantenimiento*” recomienda que si es necesaria la reparación de algún equipo fijo que haya contenido líquidos inflamables, se vaciará y aislará del resto de instalaciones con discos ciegos, de forma que en su interior no se genere una mezcla explosiva. Además, antes de que algún personal penetre en el interior de un depósito que haya contenido líquidos inflamables será necesario vaciarlo y lavarlo para que la atmósfera interior sea respirable. Por último, no se realizarán trabajos en caliente en ningún equipo.

El último artículo de este capítulo, será el 51 “*Revisiones periódicas*” en el que se expresa la necesidad de la revisión periódica de las instalaciones, conforme se indica a continuación:

- Comprobación de la continuidad eléctrica de las tuberías y del resto de la instalación.
- Comprobación del buen estado de las instalaciones inspeccionables visualmente: cubetos, cimentaciones de los recipientes, vallado, etc.
- Se comprobará el estado de las paredes de las tuberías.
- Verificación del correcto funcionamiento de los elementos de protección contra incendios, como extintores, BIEs, o reservas de agua.
- Cada 15 años se hará una inspección del interior de los tanques, con medidas de espesores, detección de defectos de soldaduras de la pared, y fondo de los tanques.

Las revisiones pueden ser realizadas por inspector propio u organismo de control y de su resultado se emitirá el certificado correspondiente.

12. CONCLUSIONES

El proyecto ha sido diseñado según los requerimientos del cliente. Se ha estudiado la normativa relacionada con los productos químicos que se necesitan almacenar para su uso en la producción, y ante las condiciones impuestas se han valorado una serie de alternativas para cubrir las necesidades de la empresa, y se ha elegido la mejor posible. Esta alternativa está perfectamente diseñada para una protección absoluta, tanto de la empresa como de las instalaciones, ya que cuenta con sistemas de protección contra incendios, y contra el rayo, según la normativa.

En este trabajo se encuentra perfectamente detallado el diseño de las instalaciones, el presupuesto final, y las normas para su uso y mantenimiento posterior.

Para finalizar, me gustaría comentar que el desarrollo de este trabajo me ha ayudado a relacionar la vida profesional con la vida como estudiante, ya que aunque no sea un proyecto real, (ya que no tiene responsabilidades profesionales) lo he trabajado como si lo fuese, estudiando cuidadosamente la normativa vigente, realizando los cálculos, diseñando los planos, y buscando en catálogos de empresas reales, todo ello cumpliendo los requerimientos impuestos.

13. BIBLIOGRAFÍA

Normativa consultada:

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

Real Decreto 173/2010, del 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación

Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias:

- ITC MIE APQ-0 “Definiciones generales”
- ITC MIE APQ-1 “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos”

Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Recursos web:

Fichas internacionales de seguridad química. Ministerio de trabajo, migraciones y seguridad social. Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo.

- Categorías peligros:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/878w.pdf>

- Formaldehído:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/601a700/nspn0695.pdf>

- Ftalato de Dibutilo:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0036.pdf>

- Tolueno:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0078.pdf>

- Nitrocelulosa:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1527a1581/1560.pdf>

- Acetato de etilo:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0367.pdf>

Fabricación del esmalte:

- https://es.wikipedia.org/wiki/Esmalte_de_u%C3%B1as
- <https://essie.es/belleza/trucos-essie/los-ingredientes-clave-de-los-esmaltes/>
- <https://elcomercio.pe/viu/trio-toxico-esmaltes-pone-riesgo-tus-535107>
- <https://www.libresdecontaminanteshormonales.org/2017/05/04/toxicos-habituales-en-esmaltes-de-unas-y-consejos-para-evitarlos/>

Selección de extintores:

- <http://nosoloextintores.com/noticias/tipos-de-fuegos-y-diferencias-entre-extintores-abc-y-co2/>

Páginas de empresas proveedoras:

De depósitos:

- <http://www.miraplas.com/images/catalogo-MIRAPLAS.pdf>
- <http://biotanks.es/wp-content/uploads/2016/12/catalogo-biotanks-2017.pdf>

De bombas de agua:

- http://ebara.es/wp-content/uploads/2015/03/cat_incendio.pdf

De tuberías:

- http://www.almesa.com/wp-content/uploads/CATALOGO_TECNICO_ISO9001.pdf

De pararrayos y sus complementos:

- <https://www.ingesco.com/es/productos/pararrayos-ingesco-pdc>

Libros consultados:

Cálculos red de tierra del pararrayos:

- José Roger Folch, Martín Riera Guasp, Carlos Roldán Porta, *“Tecnología eléctrica”*, 2010



Cálculo tuberías y grupo de bombeo:

- Abreu J.M., Cabrera E., Espert V., García-Serra J., Sanz F, "*Transitorios hidráulicos*", 2011



B-PRESUPUESTO

Presupuesto parcial nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe		
1.1	M3	Excavación en zanja y/o pozos en roca, con medios mecánicos, incluso carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.							
			Uds.	Largo	Ancho	Profundidad	Parcial	Subtotal	
		Excavación zanjas muro de contención cubeto 1 [A*B*C*D]	1	26,800	0,500	1,100	14,740		
		Excavación zanjas muro de contención cubeto 2 [A*B*C*D]	1	38,400	0,500	1,100	21,120		
		Excavación pozo cubetos enterrados [A*B*C*D]	2	6,500	7,000	3,500	318,500		
		Excavación zanjas red de tuberías contra incendios [A*B*C*D]	1	213,610	0,600	0,600	76,900		
							431,260	431,260	
		Total m3					431,260	24,18	10.427,87
1.2	M3	Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.							
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		Relleno zanja red de tuberías contra incendios [A*B*C*D]	1	213,610	0,600	0,600	76,900		
		Relleno tierra cubetos enterrados	2	6,500	7,000	0,600	54,600		
							131,500	131,500	
		Total m3					131,500	2,75	361,63
1.3	M3	Relleno de arena en zanjas, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.							
			Uds.	m3	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		Relleno cubetos enterrados	2	15,770			31,540		
							31,540	31,540	
		Total m3					31,540	9,53	300,58
Total presupuesto parcial nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS :								11.090,08	

Presupuesto parcial nº 2 CIMENTACIONES

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
2.1	M3	Hormigón HM-20/B/40/I, de 20 N/mm2., consistencia blanda, arena de río y árido Tmáx. 40 mm. y ambiente no agresivo, de central para vibrar. Puesto sobre camión-cuba a pie de obra.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Capa de hormigón de limpieza cubeto 1 [A*B*C*D]	1	26,800	0,500	0,100	1,340	
		Capa de hormigón de limpieza cubeto 2 [A*B*C*D]	1	38,400	0,500	0,100	1,920	
							3,260	3,260
		Total m3:					3,260	51,19
								166,88
2.2	M3	Hormigón armado HA-30/B/20/IIa, de 30 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en muros, incluso armadura (60 kg./m3.), encofrado y desencofrado con madera machihembrada y cepillada de 22 mm. de espesor para quedar visto a una cara, vertido por medios manuales, vibrado,curado y colocado. Según EHE.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Cimentación para muro de contención cubeto 1 [A*B*C*D]	1	26,800	0,500	1,000	13,400	
		Cimentación para muro de contención cubeto 2 [A*B*C*D]	1	38,400	0,500	1,000	19,200	
							32,600	32,600
		Total m3:					32,600	271,16
								8.839,82
Total presupuesto parcial nº 2 CIMENTACIONES :								9.006,70

Presupuesto parcial nº 3 PAVIMENTOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe			
3.1	M3	Hormigón armado HA-30/B/20/I, de 30 N/mm ² ., consistencia blanda, T _{máx.} 20 mm. y ambiente normal, elaborado en central, en losas planas, i/p.p. de armadura (85 kg/m ³), encofrado de madera y desencofrado, vertido con pluma-grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Pavimento con losa de hormigón 20 mm para cubeto 1 [A*B*C*D]	1	8,600	4,800	0,200	8,256	
		Pavimento con losa de hormigón 20 mm para cubeto 2 [A*B*C*D]	1	14,200	5,000	0,200	14,200	
		Pavimento con losa de hormigón 20 mm para cargadero C [A*B*C*D]	1	17,000	5,000	0,200	17,000	
		Pavimento con losa de hormigón 20mm para cargadero B [A*B*C*D]	1	17,000	4,300	0,200	14,620	
							54,076	54,076
		Total m3:					54,076	316,26
								17.102,08
		Total presupuesto parcial nº 3 PAVIMENTOS :						17.102,08



Presupuesto parcial nº 4 CERRAMIENTOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ud	Puerta metálica cortafuegos de una hoja pivotante de 1,00x2,10 m., homologada RF-60, construida con dos chapas de acero electrozincado de 0,80 mm. de espesor y cámara intermedia de material aislante ignífugo, sobre cerco abierto de chapa de acero galvanizado de 1,20 mm. de espesor, con siete patillas para fijación a obra, cerradura embutida y cremona de cierre automático, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra, incluso acabado en pintura epoxi polimerizada al horno (sin incluir recibido de albañilería).			
			Total ud:	2,000	220,45
					<u>440,90</u>
			Total presupuesto parcial nº 4 CERRAMIENTOS :		440,90

Presupuesto parcial nº 5 CANALIZACIONES INSTALACIONES CARGA Y DESCARGA

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
5.1	M	CANALIZACIÓN TUBO ACERO AL CARBONO (ALMESA) DIAMETRO INTERIOR 39,2 MM						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO C AL PRIMER DEPÓSITO DE FORMALDEHIDO CUBETO 1 [A*B]	3	44,180			132,540	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO C AL SEGUNDO DEPÓSITO DE FORMALDEHIDO CUBETO 1 [A*B]	3	47,880			143,640	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO C AL DEPÓSITO DE FTALATO DE DIBUTILO CUBETO 2 [A*B]	3	22,550			67,650	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO B AL PRIMER DEPÓSITO DE ACETATO DE ETILO [A*B]	3	16,290			48,870	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO B AL SEGUNDO DEPÓSITO DE ACETATO DE ETILO [A*B]	3	20,490			61,470	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO B AL PRIMER DEPÓSITO DE NITROCELULOSA EN EL CUBETO ENTERRADO 2 [A*B]	3	30,200			90,600	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO B AL SEGUNDO DEPÓSITO DE NITROCELULOSA EN EL CUBETO ENTERRADO 2 [A*B]	3	33,500			100,500	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO B AL PRIMER DEPÓSITO DE TOLUENO CUBETO ENTERRADO 1 [A*B]	3	39,100			117,300	
		CANALIZACIONES DEL CARGADERO B AL SEGUNDO DEPOSITO DE TOLUENO CUBETO ENTERRADO 1 [A*B]	3	42,700			128,100	
							890,670	890,670
		Total m:					890,670	6,29
		Total presupuesto parcial nº 5 CANALIZACIONES INSTALACIONES CARGA Y DESCARGA :						5.602,31

Presupuesto parcial nº 6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	U	Depósito vertical aéreo de 12 m3 de capacidad para el almacenamiento de productos químicos			
		Total U	1,000	2.950,95	2.950,95
6.2	U	Depósito vertical aéreo de 15 m3 de capacidad para el almacenamiento de productos químicos			
		Total U	2,000	3.306,30	6.612,60
6.3	U	Depósito vertical aéreo de 40 m3 de capacidad para el almacenamiento de productos químicos			
		Total U	1,000	7.240,90	7.240,90
6.4	U	Depósito vertical aéreo de 18 m3 de capacidad para el almacenamiento de productos químicos			
		Total U	1,000	3.826,45	3.826,45
6.5	U	Depósito horizontal para enterrar de 20 m3 de capacidad para el almacenamiento de productos químicos			
		Total U	3,000	3.332,05	9.996,15
6.6	U	Depósito horizontal para enterrar de 15 m3 de capacidad para el almacenamiento de productos químicos			
		Total U	1,000	3.069,40	3.069,40
Total presupuesto parcial nº 6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO :					33.696,45

Presupuesto parcial nº 7 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe		
7.1	U	Extintor automático de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y rociador en boquilla de apertura automática por temperatura. Medida la unidad instalada.					
		Total U	6,000	84,13	504,78		
7.2	U	Extintor hídrico de eficacia 8A/34B, de 9 kg. de agente extintor, modelo HIL-9, con soporte, manómetro comprobable y manguera con difusor. Medida la unidad instalada.					
		Total U	2,000	73,42	146,84		
7.3	U	Armario metálico para extintor 6/12 kgs., con marco fijo y cristal para romper. Medida la unidad instalada.					
		Total U	8,000	45,63	365,04		
7.4	U	Pulsador de alarma. Medida la unidad instalada.					
		Total U	4,000	36,49	145,96		
7.5	U	Sirena electrónica bitonal, con indicación óptica y acústica. Medida la unidad instalada.					
		Total U	2,000	100,22	200,44		
7.6	U	Boca de incendio equipada, B.I.E. compuesta por armario metálico de 650x500 mm., pintado en rojo bombero, válvula de barril de aluminio con manómetro, lanza variomatic, tres efectos, devanadera circular pintada, manguera tipo Superjet de 45 mm. de diámetro y 15 m. de longitud, racorada. Inscripción para usar sobre cristal USO EXCLUSIVO BOMBEROS, sin cristal. Medida la unidad instalada.					
		Total U	4,000	206,98	827,92		
7.7	M	CANALIZACIÓN TUBO ACERO AL CARBONO (ALMESA) DIAMETRO INTERIOR 72,5 MM					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Longitud tubería D-4 [B]	44,670			44,670	
						44,670	44,670
		Total M	44,670			6,51	290,80
7.8	M	CANALIZACIÓN TUBO ACERO AL CARBONO (ALMESA) DE DIAMETRO INTERIOR 56,7 MM					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Longitud resto tuberías	169,140			169,140	
						169,140	169,140
		Total M	169,140			6,13	1.036,83
7.9	U	DEPÓSITO VERTICAL AÉREO DE 25 M3 DE CAPACIDAD PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS					
		Total U	1,000	4.578,35			4.578,35
7.10	U	EQUIPO DE BOMBEO QUE APORTA UNA ALTURA DE 60 MCA CON UN CAUDAL DE 24 M3/H MODELO AF 3M 32-200/11 (EBARA PUMPS)					
		Total U	1,000	4.797,74			4.797,74
7.11	U	SEÑALIZACIÓN PUERTAS DE EVACUACIÓN					
		Total U	2,000	5,77			11,54
7.12	U	PLACA SEÑALIZACIÓN EXTINTOR					
		Total U	8,000	10,82			86,56
Total presupuesto parcial nº 7 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS :						12.992,80	



Presupuesto parcial nº 8 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	U	PARARRAYOS INGESCO PDC 6.4			
		Total U	1,000	3.371,45	3.371,45
8.2	U	ELECTRODO DE PLACA DE COBRE 500x500x2 INGESCO			
		Total U	2,000	12,98	25,96
8.3	M	CABLE TRENZADO DE COBRE 50 MM2 QUE ACTUA COMO CONDUCTOR DE BAJADA			
		Total M	20,000	11,95	239,00
8.4	U	TUBO PROTECCIÓN ACERO GALVANIZADO CON UNA LONGITUD DE 2 M			
		Total U	2,000	12,36	24,72
Total presupuesto parcial nº 8 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO :					3.661,13



Presupuesto parcial nº 9 SEGURIDAD Y SALUD

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
9.1	U	Partida alzada que corresponde a los medios que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores y que corresponde al 5% del PEM			
		Total U:	1,000	4.820,01	4.820,01
Total presupuesto parcial nº 9 SEGURIDAD Y SALUD :					4.820,01



Presupuesto parcial nº 10 CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
10.1	U	Partida alzada para las tareas de Control de Calidad durante la ejecución de la obra y que corresponde al 3% del PEM.			
			Total U:	1,000	2.892,00
					<u>2.892,00</u>
			Total presupuesto parcial nº 10 CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS :		<u>2.892,00</u>



Presupuesto parcial nº 11 GESTION DE RESIDUOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
11.1	U	Medios destinados a la gestión de residuos generados en la actividad productiva y que corresponde con el 1% del PEM			
		Total U:	1,000	964,00	964,00
		Total presupuesto parcial nº 11 GESTION DE RESIDUOS :			964,00



RESUMEN PRESUPUESTO

CAPÍTULO	IMPORTE
Capítulo 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	11.090,08
Capítulo 2 CIMENTACIONES	9.006,70
Capítulo 3 PAVIMENTOS	17.102,08
Capítulo 4 CERRAMIENTOS	440,90
Capítulo 5 CANALIZACIONES INSTALACIONES CARGA Y DESCARGA	5.602,31
Capítulo 6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO	33.696,45
Capítulo 7 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	12.992,80
Capítulo 8 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	3.661,13
Capítulo 9 SEGURIDAD Y SALUD	4.820,01
Capítulo 10 CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS	2.892,00
Capítulo 11 GESTION DE RESIDUOS	964,00
Presupuesto de ejecución material (PEM)	102.268,46
13% de gastos generales	13294,9
6% de beneficio industrial	6136,12
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC=PEM+GG+BI)	121.699,47
21% IVA	25.556,88
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC=PEM+GG+BI+IVA)	147.256,36

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO VEINTIUNO MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS



C-PLANOS



ÍNDICE PLANOS

Plano 1-Situación de la parcela en el polígono industrial

Plano 2- Detalle de las parcelas

Plano 3- Planta de la parcela

Plano 4- Oficinas primera planta

Plano 5- Alzados de la nave

Plano 6- Distribución en planta alternativa 1

Plano 7- Distribución en planta alternativa 2

Plano 8- Distribución en planta definitiva

Plano 9- Zonas de carga y descarga

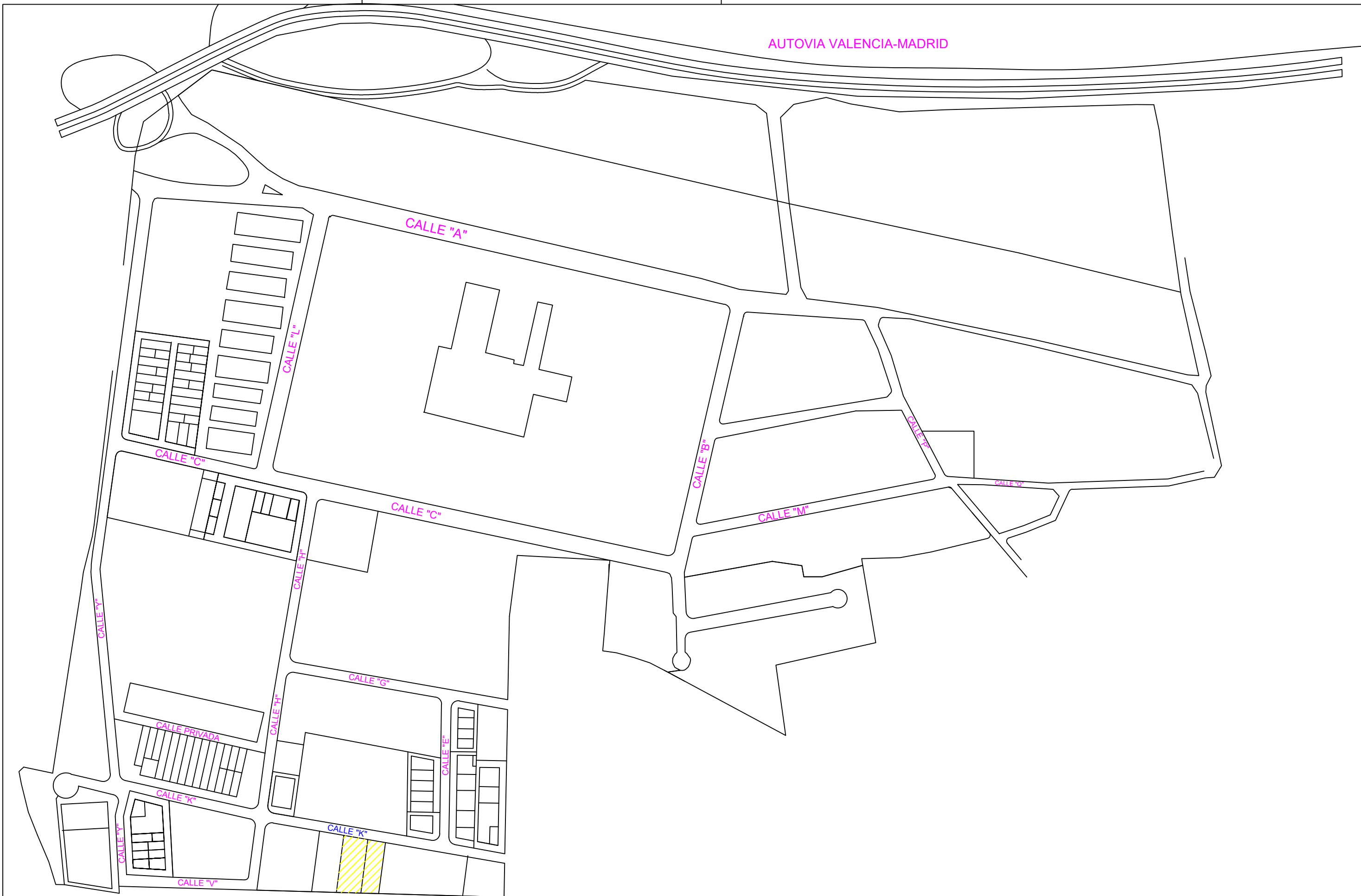
Plano 10-. Salidas de emergencia

Plano 11- Distribución extintores

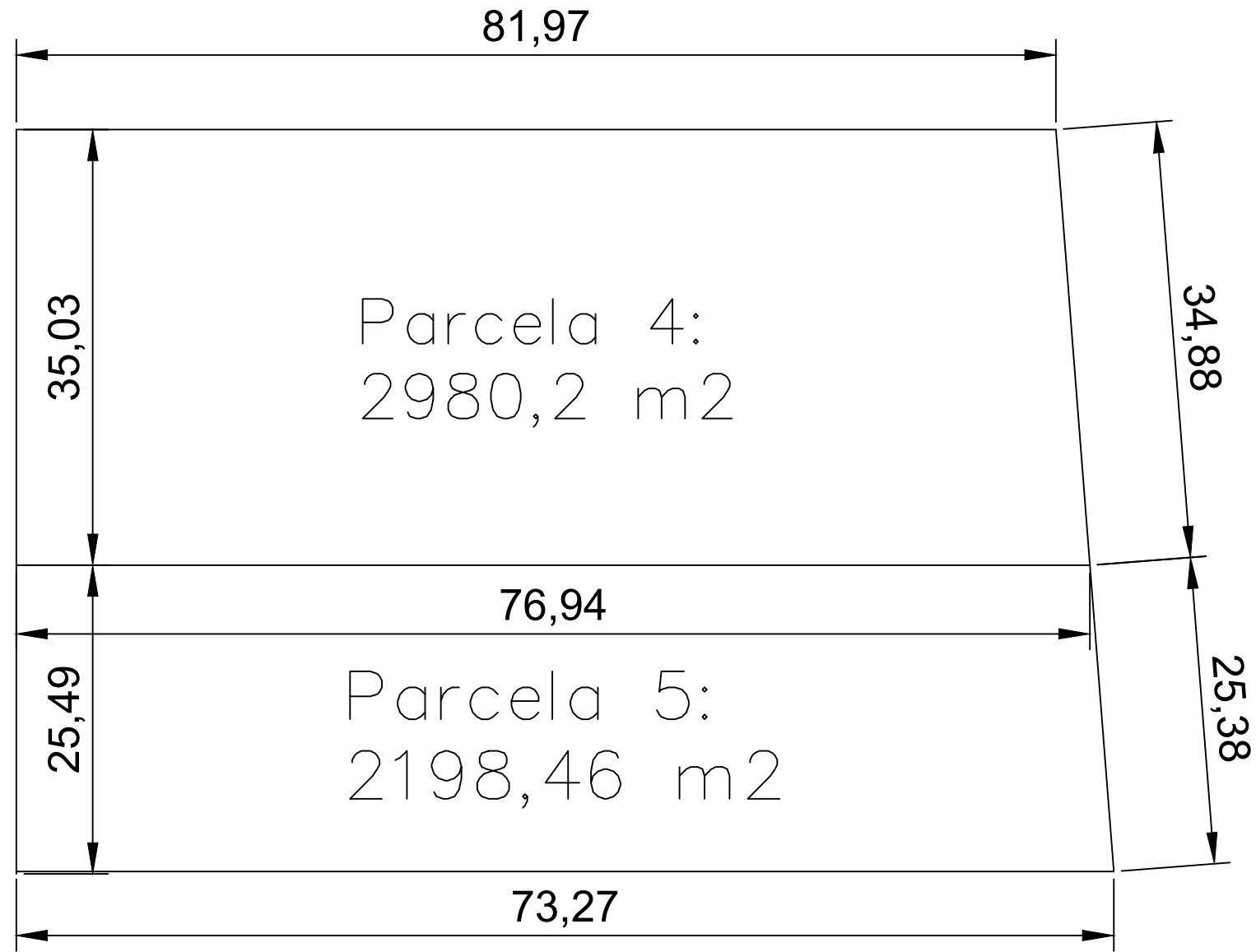
Plano 12- Distribución sistema de alarma manual contra incendios

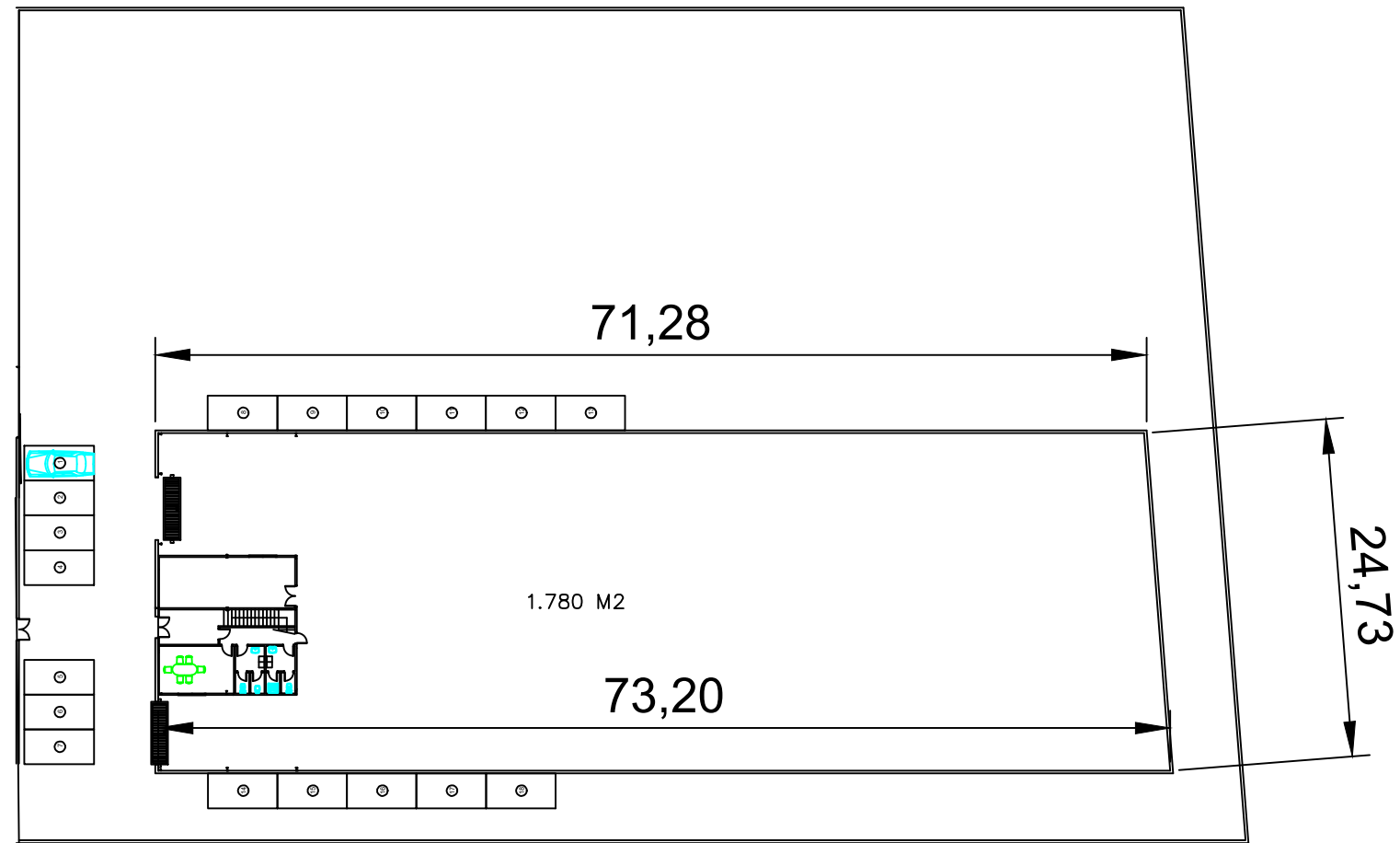
Plano 13- Red de Bocas de Incendio Equipadas

Plano 14- Ubicación del pararrayos con radio de protección

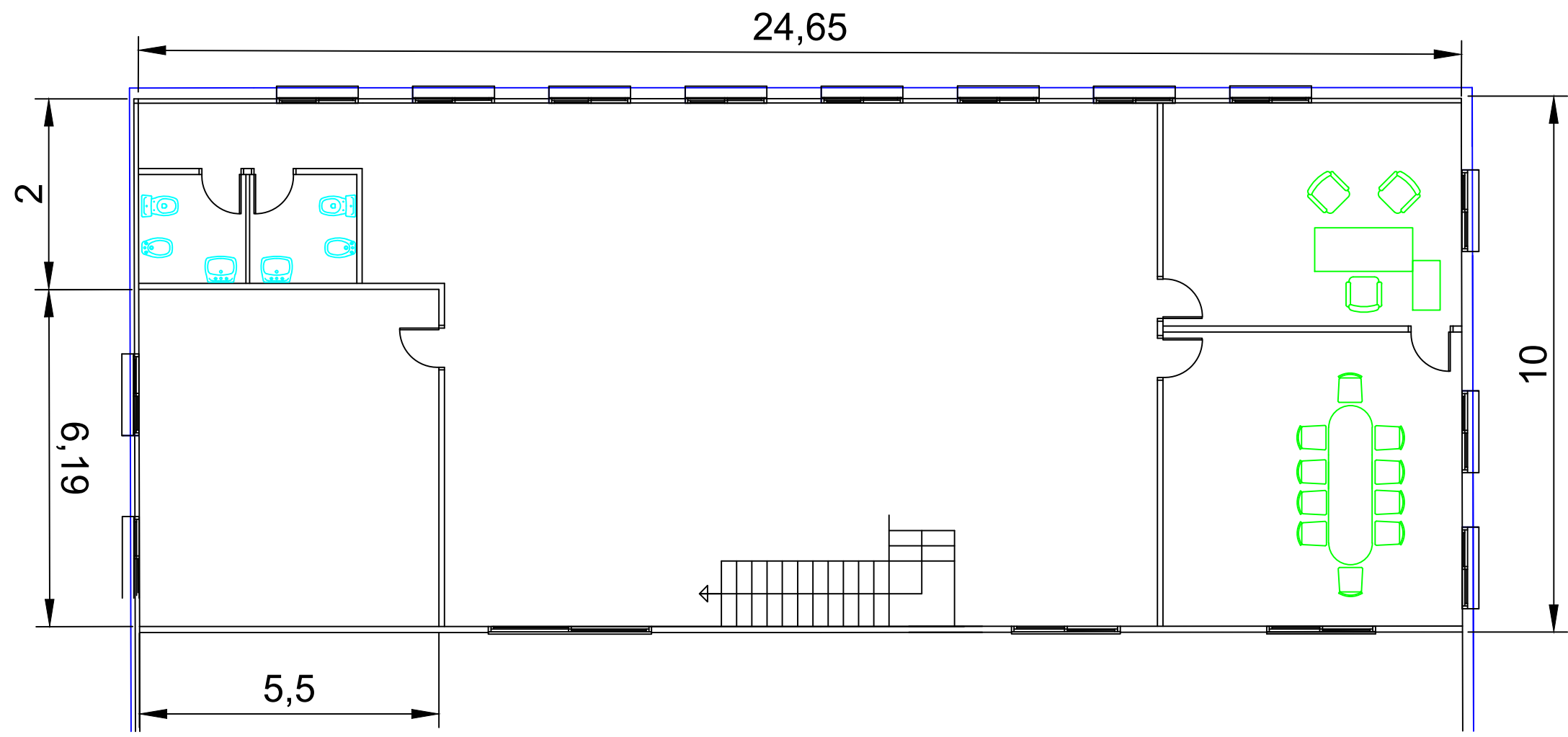


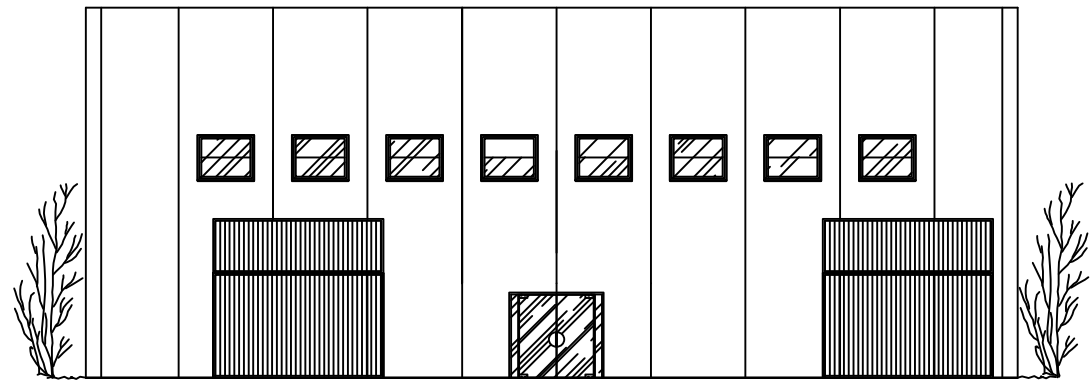
CALLE K



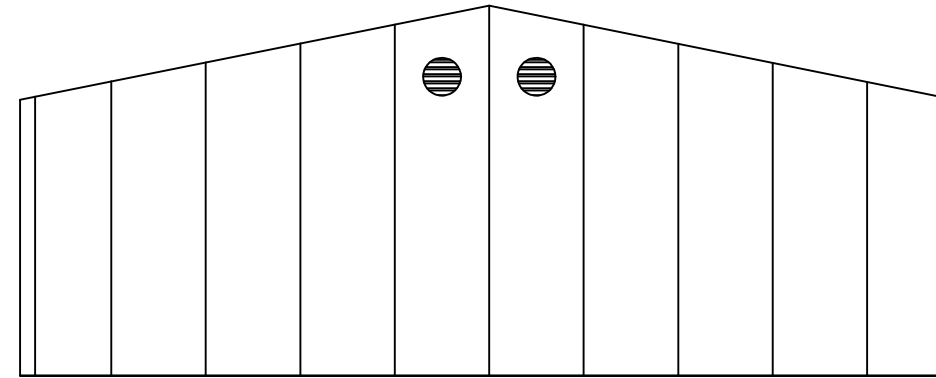


- 1.780,78 M2 SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA BAJA
- 246,50 M2 SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA PRIMERA
- 5.178,66 M2 SUPERFICIE PARCELA

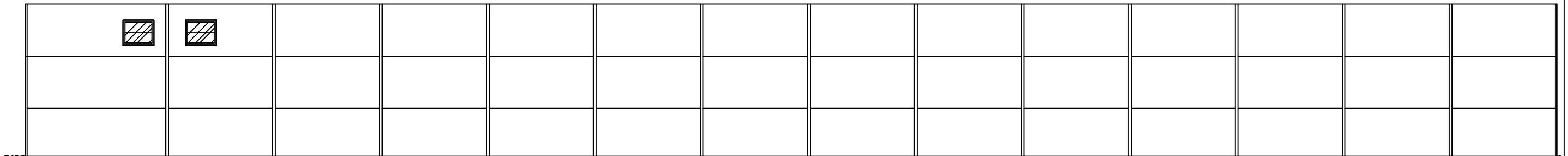




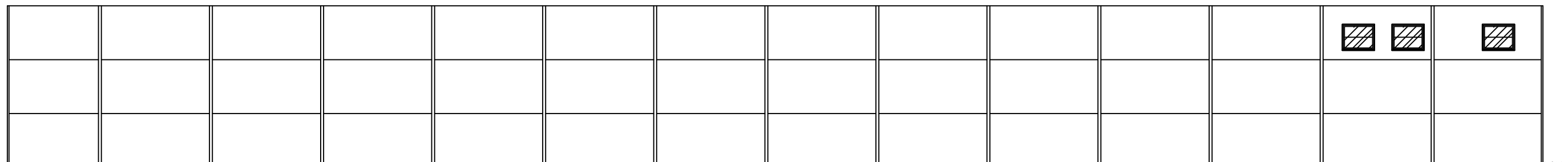
Fachada Delantera



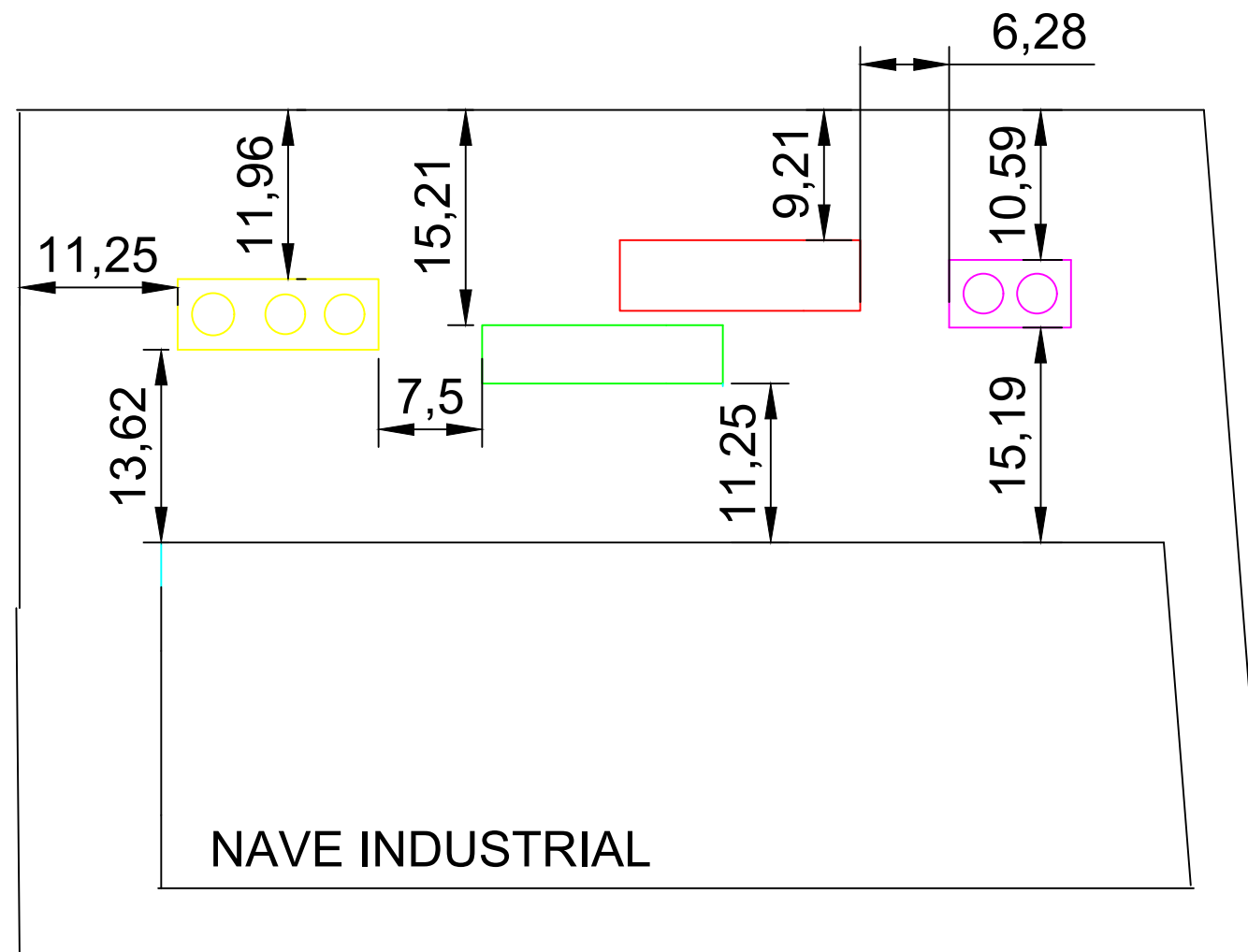
Fachada Trasera



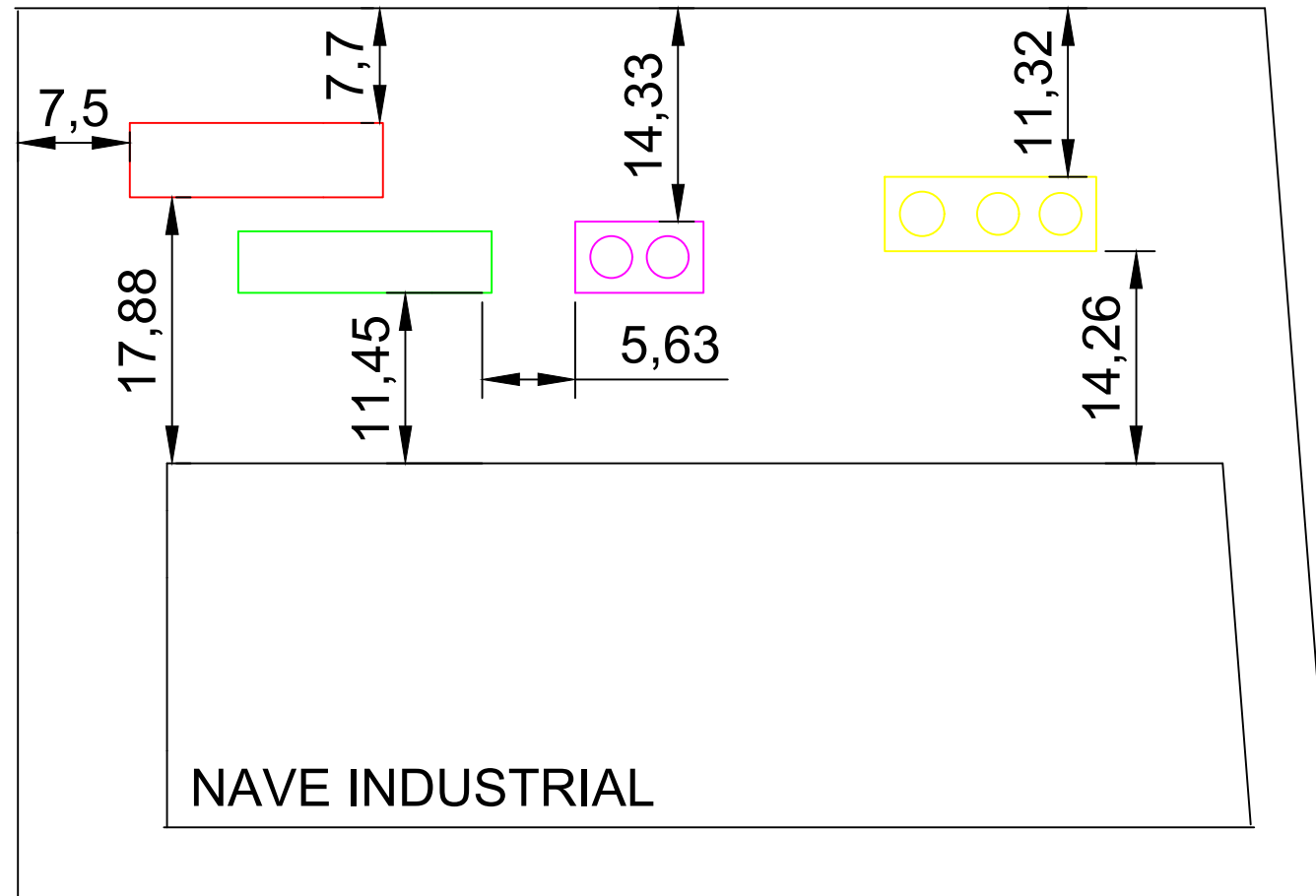
Fachada lateral derecha



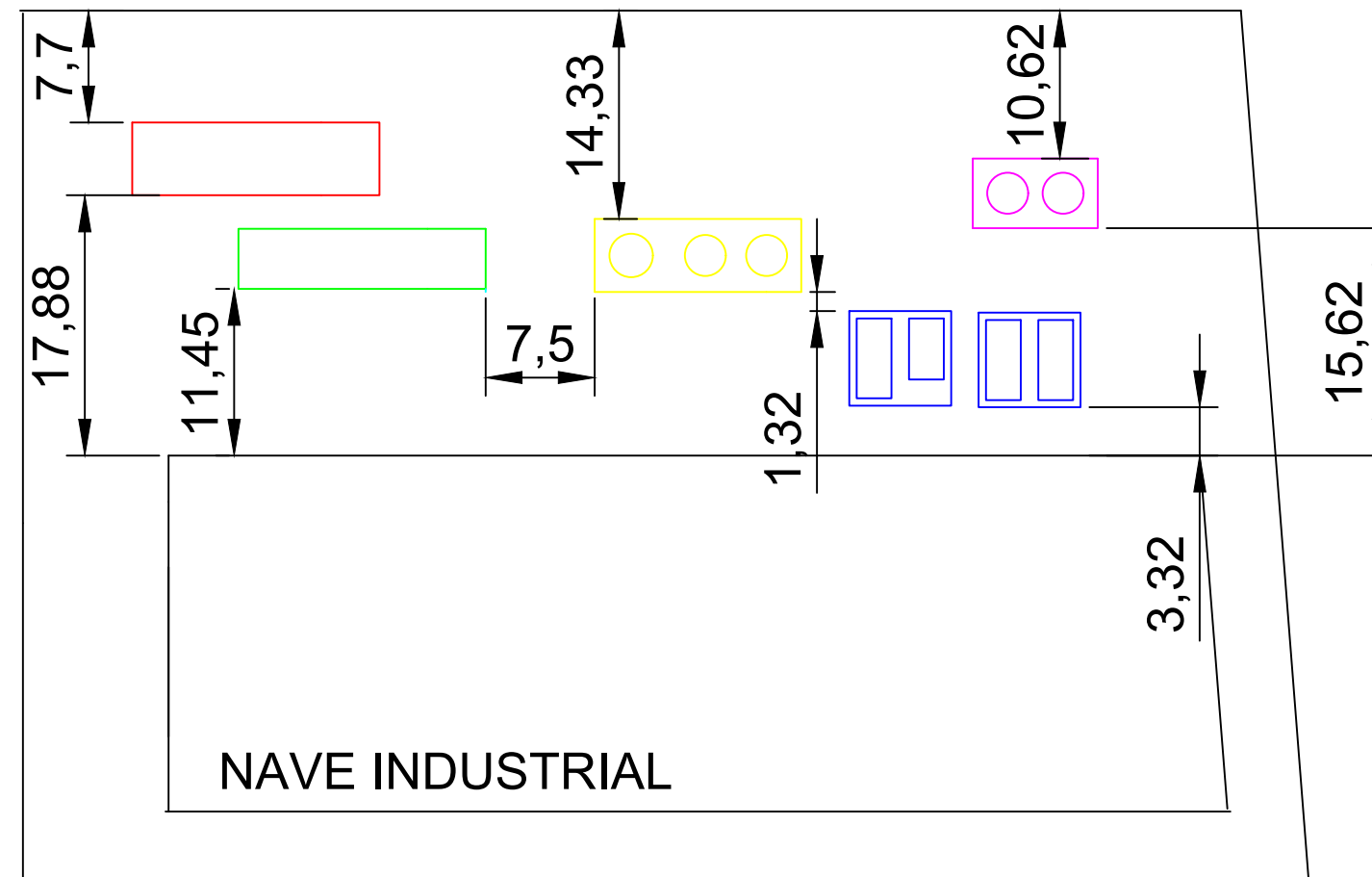
Fachada lateral izquierda



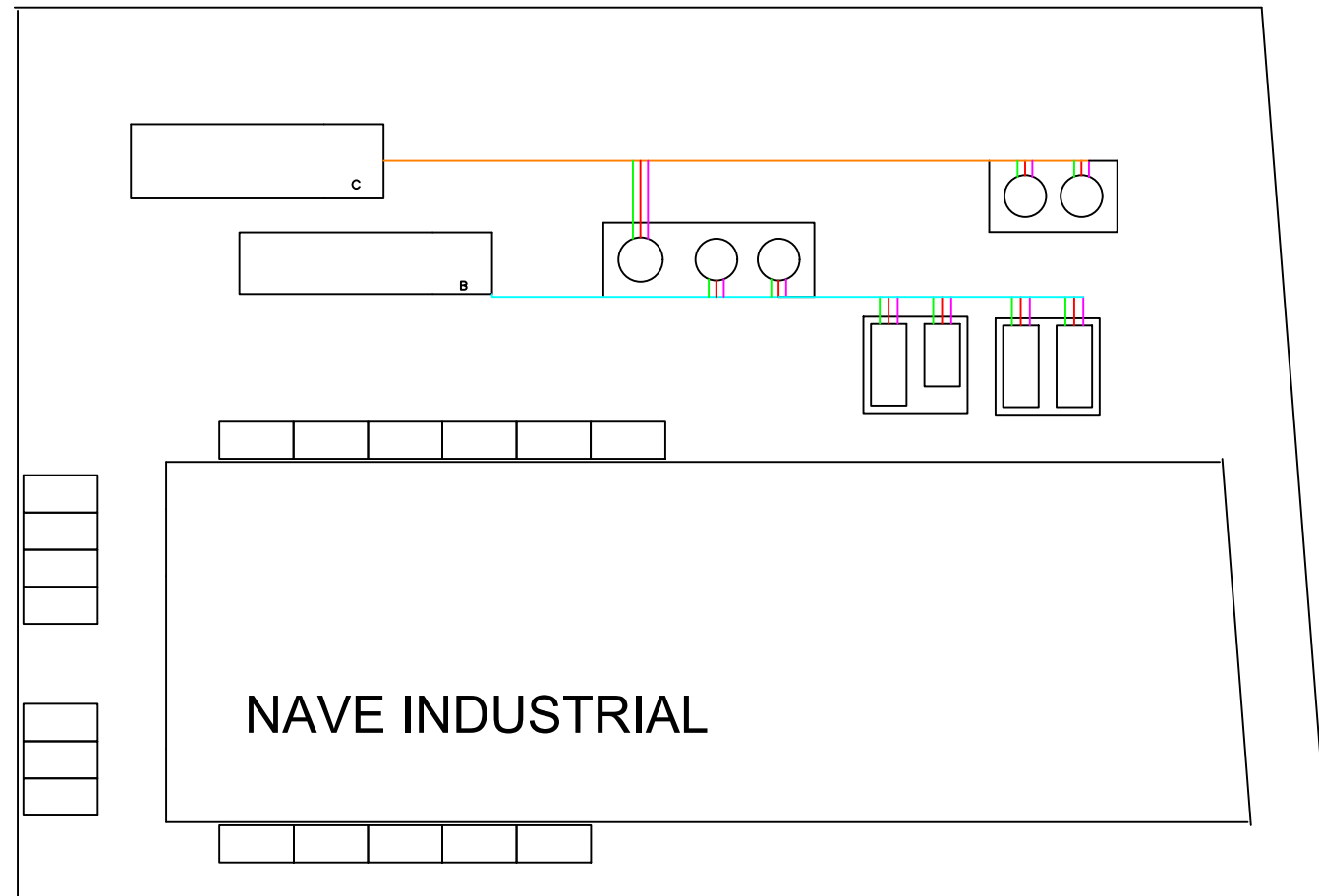
- Cargadero clase C
- Cargadero clase B
- Cubeto 1
- Cubeto 2



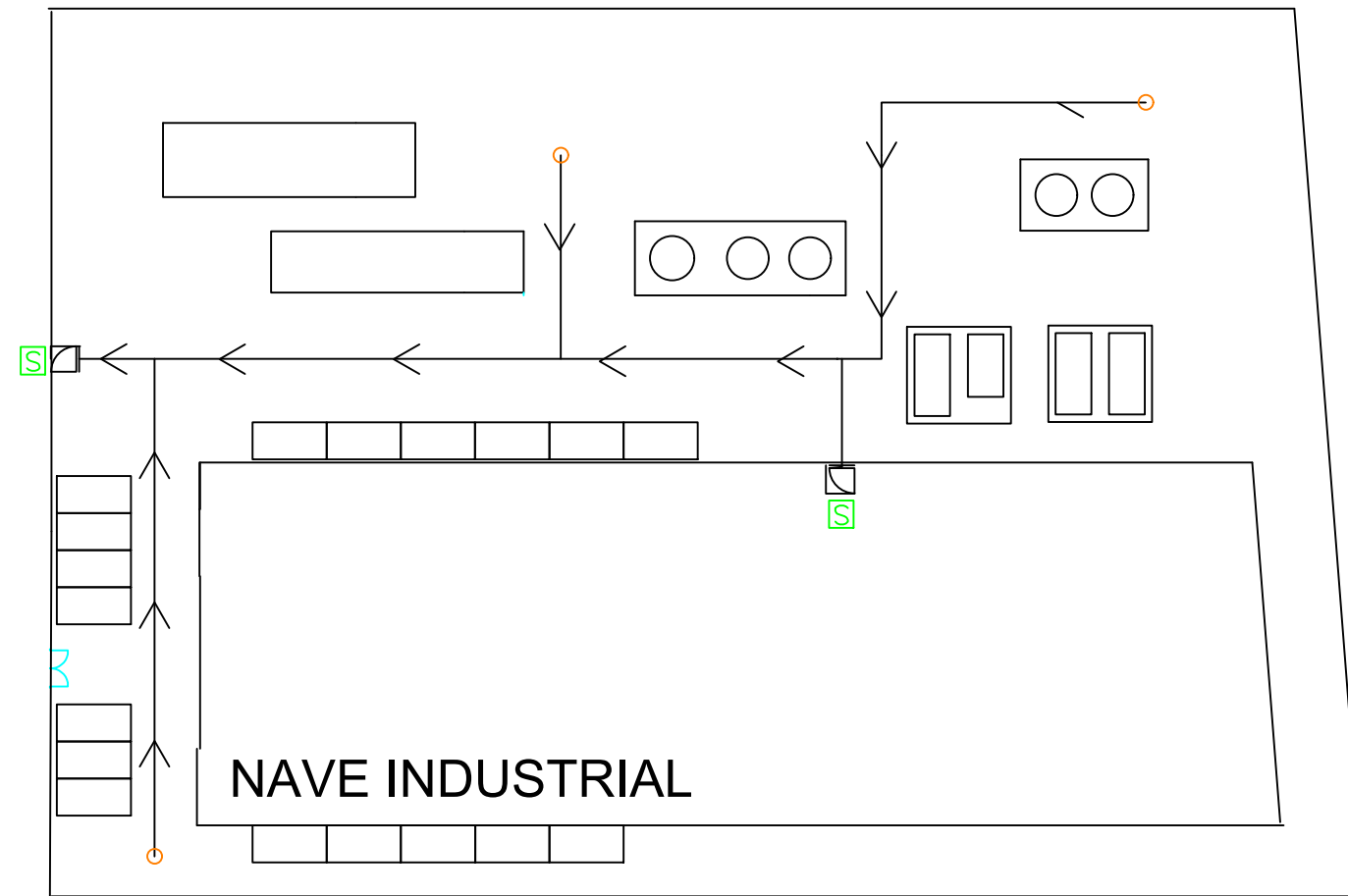
- Cargadero clase C
- Cargadero clase B
- Cubeto 1
- Cubeto 2






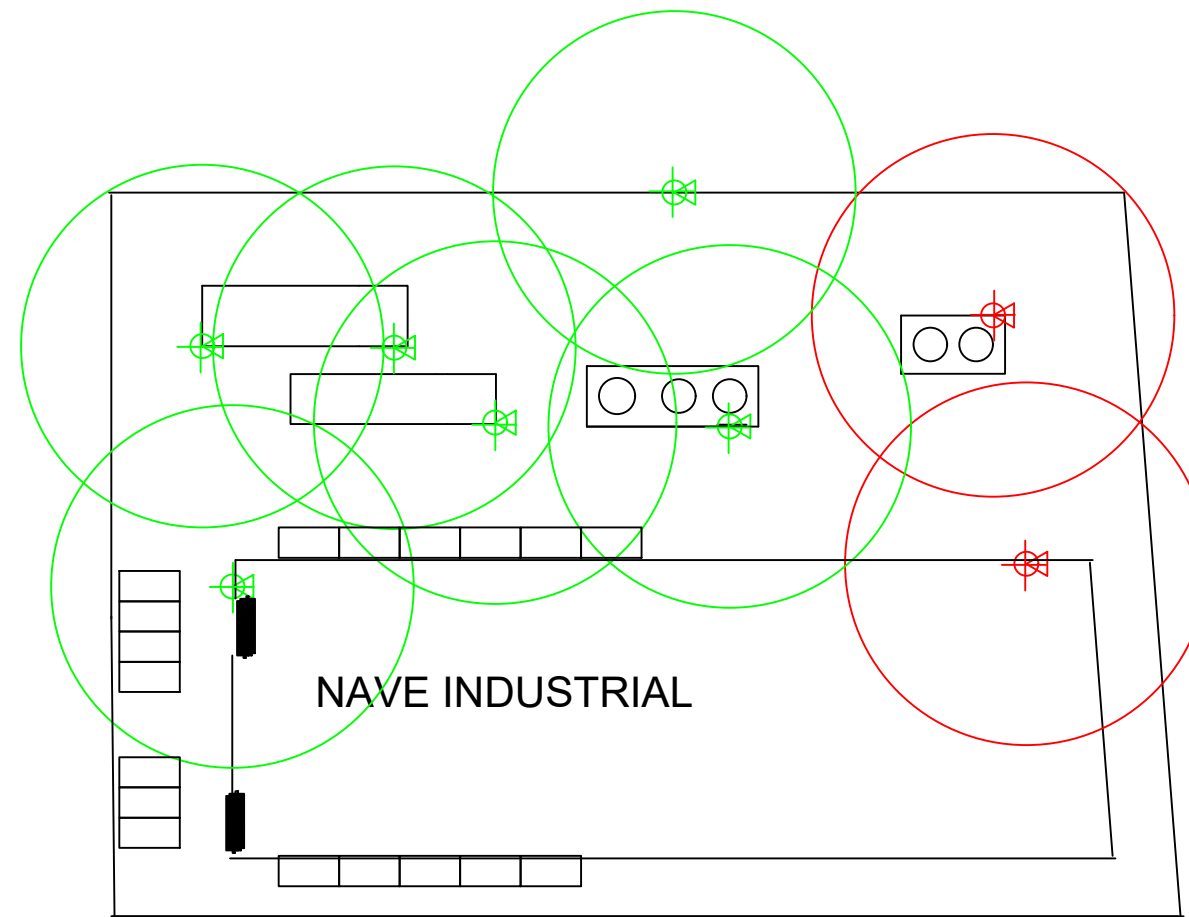
- Cargadero clase C
- Cargadero clase B
- Cubeto 1
- Cubeto 2
- Pozos cubetos enterrados



- **Canalizaciones C**
 - De venteo
 - **Primaria**
 - **Secundaria**
- **Canalizaciones B**
 - De venteo
 - **Primaria**
 - **Secundaria**

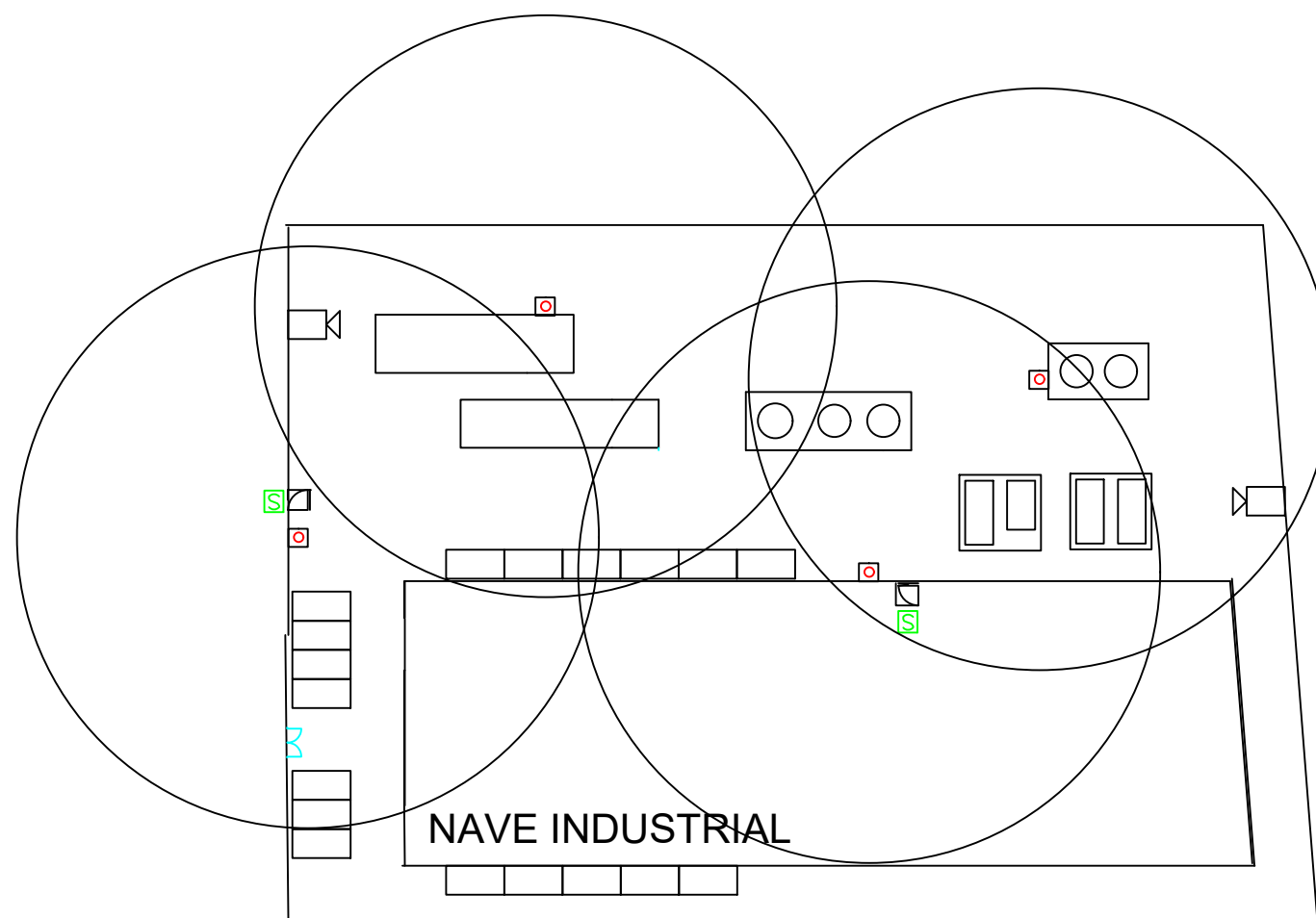






-  Puerta peatonal de emergencia
-  Señalización de salida de emergencia
-  Señalización de camino de evacuación

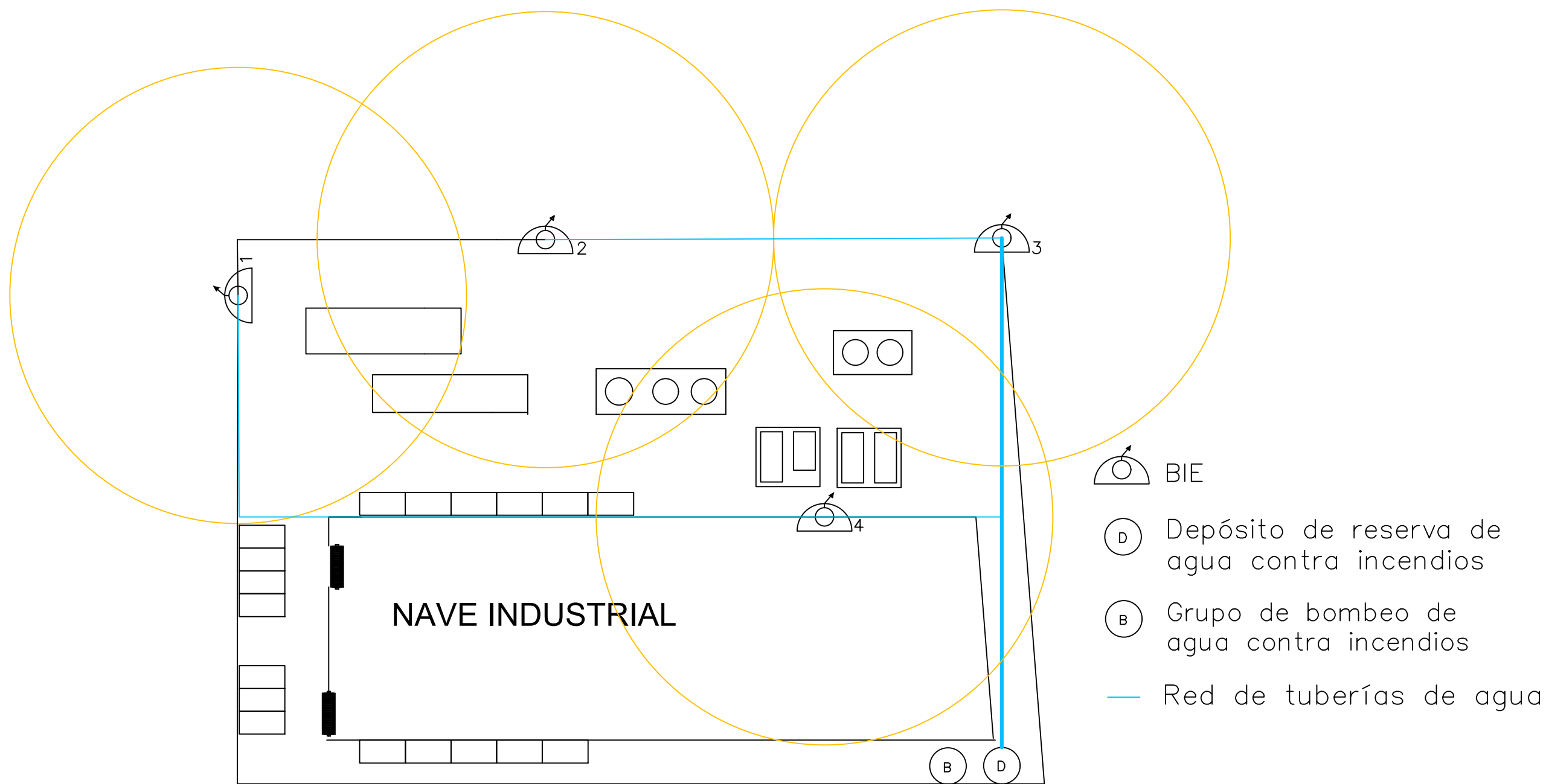


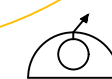



 extintor agua pulverizada

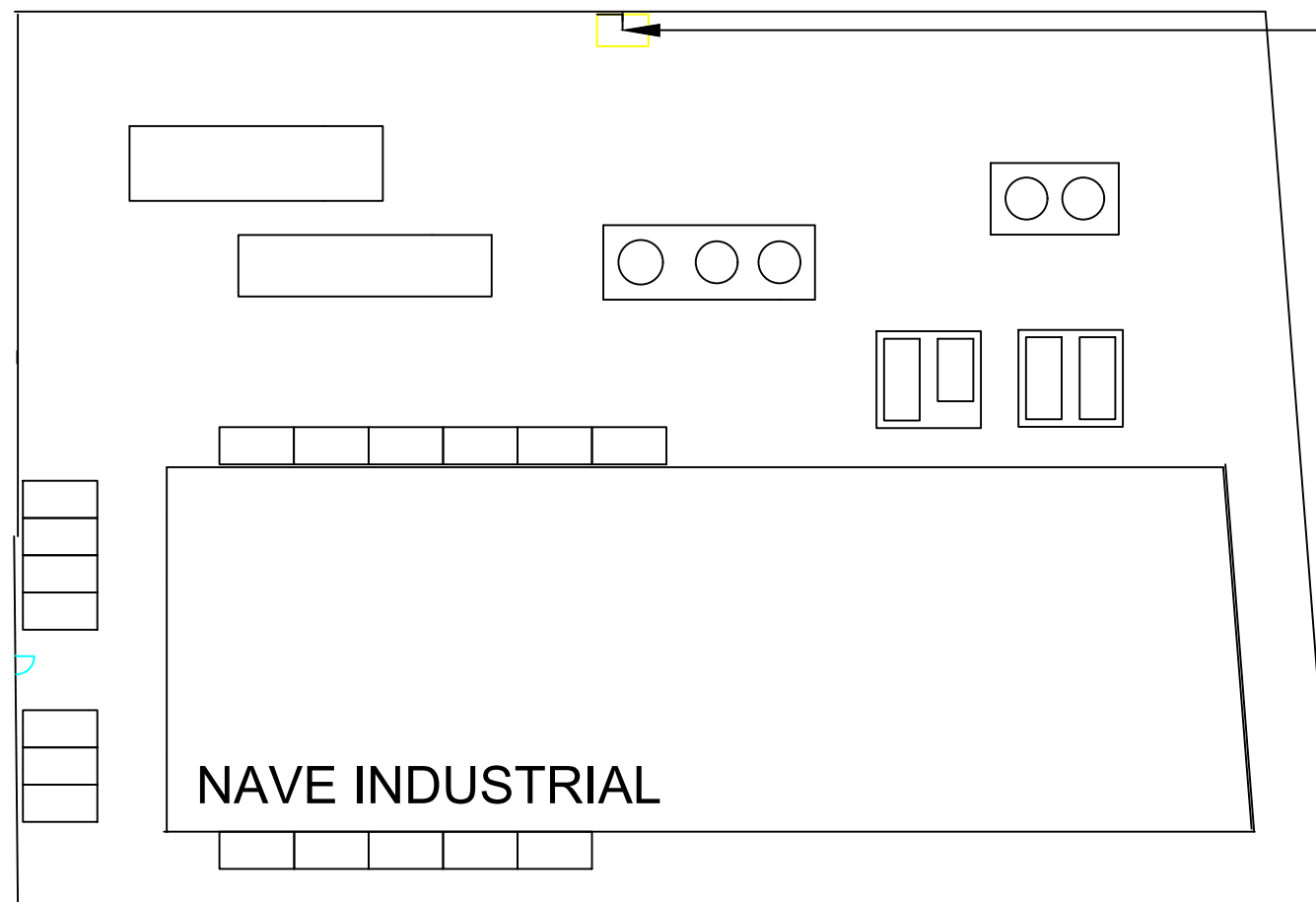
 extintor polvo BC



-  Puerta peatonal de emergencia
-  Señalización de salida de emergencia
-  Sirena de alarma de incendios
-  Pulsador manual alarma incendios



-  BIE
-  Depósito de reserva de agua contra incendios
-  Grupo de bombeo de agua contra incendios
-  Red de tuberías de agua



120

□ Pararrayos



D-ANEJOS



ÍNDICE DE ANEJOS

Anejo 1. Catálogo Biotanks. Depósitos superficiales atmosféricos.	114
Anejo 2. Catálogo Miraplas. Depósitos subterráneos horizontales.	115
Anejo 3. Catálogo Almesa. Tubos de acero al carbono.	116
Anejo 4. Catálogo Ebara. Grupo de bombeo.	117
Anejo 5. Catálogo Ingesco. Pararrayos PDC.	118
Anejo 6. Catálogo Ingesco. Electrodo de toma de tierra.	119
Anejo 7. Catálogo Ingesco. Conductor de bajada.	120
Anejo 8. Catálogo Ingesco. Tubo de protección.	121



Depósitos

Depósito Vertical Aéreo

Código	Vol. (l.)	Mod. (mm.) Ø	Altura	Brida PRFV
DVA-10100	1.000	1000	1300	DN 50
DVA-20120	2.000	1200	1750	DN 50
DVA-30120	3.000	1200	2600	DN 50
DVA-30140	3.000	1400	2000	DN 50
DVA-40140	4.000	1400	2600	DN 50
DVA-40160	4.000	1800	1600	DN 50
DVA-50180	5.000	1800	2000	DN 65
DVA-50200	5.000	2000	1600	DN 65
DVA-60200	6.000	2000	1900	DN 65
DVA-60240	6.000	2400	1350	DN 65
DVA-70200	7.000	2000	2200	DN 65
DVA-70240	7.000	2400	1550	DN 65
DVA-80200	8.000	2000	2550	DN 65
DVA-80240	8.000	2400	1750	DN 65
DVA-90240	9.000	2400	2000	DN 65
DVA-90280	9.000	2800	1450	DN 65
DVA-100240	10.000	2400	2200	DN 65
DVA-100280	10.000	2800	1650	DN 65
DVA-120240	12.000	2400	2600	DN 65
DVA-120280	12.000	2800	1900	DN 65
DVA-150240	15.000	2400	3300	DN 65
DVA-150280	15.000	2800	2450	DN 65
DVA-180240	18.000	2400	4000	DN 65
DVA-180280	18.000	2800	2950	DN 65
DVA-200240	20.000	2400	4400	DN 80
DVA-200280	20.000	2800	3250	DN 80
DVA-220280	22.000	2800	3600	DN 80
DVA-220300	22.000	3000	3000	DN 80
DVA-250280	25.000	2800	4200	DN 80
DVA-250300	25.000	3000	3600	DN 80
DVA-300280	30.000	2800	4900	DN 80
DVA-300300	30.000	3000	4300	DN 80
DVA-350300	35.000	3000	5000	DN 80
DVA-400300	40.000	3000	5800	DN 80
DVA-450300	45.000	3000	6400	DN 80
DVA-500300	50.000	3000	7100	DN 80

Nuevas referencias
* Consultar para depósitos de mayor capacidad.



Depósitos fabricados en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para instalación en superficie.

Aplicaciones:

Almacenamiento de Agua Potable.
Almacenamiento de vino o productos alimenticios.
Almacenamiento de abonos líquidos y productos químicos. (Consultar)

Características:

Alta resistencia química y mecánica.
Alta resistencia a la corrosión y a la Intemperie. Larga durabilidad.
No necesitan mantenimiento.
Ligeros y fáciles de transportar.
Posibilidad de fabricación a medida.

Accesorios incluidos:

1 Boca de hombre superior DN450.
1 Brida de aspiración PRFV.
Rebosadero, refuerzo para flotador y franja de nivel.
Pintura Top Coat color gris con tratamiento anti-UV.

Accesorios opcionales:

Boca hermética lateral.
Flotador con boya PE
Boyas de nivel
Visor de nivel exterior



DEPÓSITO HORIZONTAL

DEPÓSITO HORIZONTAL PARA ENTERRAR

FUNCIÓN
Almacenamiento de líquidos y sólidos, enterrado o semienterrado.

CARACTERÍSTICAS

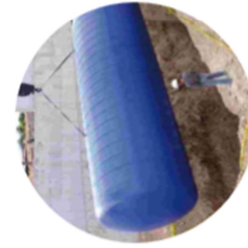
- Marca Miraplas | Modelo HZ | Instalación horizontal enterrada.
- Equipo fabricado en PRFV
- Fabricado mediante "Filament Winding".
- Equipo reforzado para su instalación bajo tierra.
- Fondos bombeados.
- Tapa de registro superior de polietileno Ø454mm. ó PRFV Ø500mm, sobre cuello de PRFV.
- Manguito de aspiración y entrada en PVC.
- Opcional: bridas y/o bocas adicionales.



REFERENCIA	VOLUMEN (m ³)	MEIDAS (m)	P.L.
HZ000012	3,000	1,20 x 3,13	
HZ000015	5,000	1,50 x 3,44	
HZ000015	8,000	1,50 x 5,14	
HZ000020	2,000	2,00 x 3,41	
HZ010015	10,000	1,50 x 6,27	
HZ010020	2,000	2,00 x 4,04	
HZ010015	13,000	1,50 x 7,41	
HZ010024	2,400	2,40 x 3,65	
HZ010015	15,000	1,50 x 9,10	
HZ010024	2,400	2,40 x 4,30	
HZ030024	20,000	2,40 x 5,50	
HZ030024	35,000	2,40 x 6,65	
HZ030024	35,000	2,40 x 7,80	
HZ040024	45,000	2,40 x 8,95	
HZ050028	50,000	2,80 x 9,02	
HZ050030	50,000	3,00 x 8,23	

* Para otros medidas o formatos consultar.

MIRAPLAS
SOLUCIONES



Anejo 2. Catálogo Miraplas. Depósitos subterráneos horizontales.

Tubo acero al carbono EN (DIN)

Tubos de acero sin soldadura EN 10255 Series M y H S 195T (DIN 2440/DIN 2441)

Une EN 10255 serie M (DIN 2440) y H (DIN 2441) S 195T

Dimensiones, tolerancia del diámetro y masa por unidad de longitud

Diámetro exterior especificado	Tamaño de la rosca	Diámetro exterior		M Serie Media			H Serie Pesada		
		D	R	máx.	mín.	Espesor de pared	Masa por unidad de longitud de tubo negro		Espesor de pared
(mm)		(mm)	(mm)	T (mm)	Extremo liso (kg/m)	Roscado y con manguito (kg/m)	T (mm)	Extremo liso (kg/m)	Con manguito (kg/m)
10,2	1/4	10,6	9,8	2,0	0,404	0,407	2,6	0,487	0,490
13,5	1/4	14,0	13,2	2,3	0,641	0,645	2,9	0,765	0,769
17,2	3/8	17,5	16,7	2,3	0,839	0,845	2,9	1,02	1,03
21,3	1/2	21,8	21,0	2,6	1,21	1,22	3,2	1,44	1,45
26,9	3/4	27,3	26,5	2,6	1,56	1,57	3,2	1,87	1,88
33,7	1	34,2	33,3	3,2	2,41	2,43	4,0	2,93	2,95
42,4	1 1/4	42,9	42,0	3,2	3,10	3,13	4,0	3,79	3,82
48,3	1 1/2	48,8	47,9	3,2	3,56	3,60	4,0	4,37	4,41
60,3	2	60,8	59,7	3,6	5,03	5,10	4,5	6,19	6,26
76,1	2 1/2	76,6	75,3	3,6	6,42	6,54	4,5	7,93	8,05
88,9	3	89,5	88,0	4,0	8,36	8,53	5,0	10,30	10,50
114,3	4	115,0	113,1	4,5	12,2	12,5	5,4	14,5	14,8
139,7	5	140,8	138,5	5,0	16,6	17,1	5,4	17,9	18,4
165,1	6	166,5	163,9	5,0	19,8	20,4	5,4	21,3	21,9

La tolerancia para el espesor de pared es del $\pm 12,5\%$.

Ensayo de estanqueidad: Se debe realizar un ensayo de estanqueidad en todos los tubos. A discreción del fabricante el ensayo puede realizarse, bien mediante un ensayo hidrostático a una presión mínima de 50 bar durante como mínimo 5 s, o bien mediante un ensayo electromagnético conforme a la EN 10246-1.

Composición química y propiedades mecánicas

Designación del tipo de acero		Composición química %				Propiedades mecánicas		
Simbólica	Númerica	C máx.	Mn máx.	P máx.	S máx.	Resistencia dúctil superior R_{eH} mín. (MPa)	Resistencia a la tracción R_m (MPa)	Elongación A mín. %
S 195T	1.0026	0,20	1,40	0,035	0,030	195	320 a 520	20



www.ebara.es

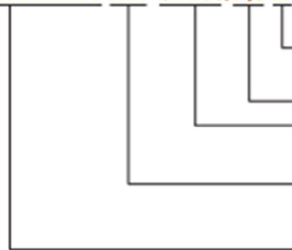
UNE 23-500-90

TABLA DE SELECCIÓN

		CAUDAL TOTAL (m ³ /h)									
		12(*)	24	36	48	60	72	84	100	120	150
ALTIMETRIA MANOMÉTRICA TOTAL (m.c.l.)	40	AF 3M 32-200/4	AF 3M 40-200/5,5	AF 3M 50-200/9,2	AF 3M 50-200/9,2	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/18,5	AF ENR 80-200/22	AF ENR 100-200/30
	45	AF 3M 32-200/4	AF 3M 40-200/7,5	AF 3M 50-200/9,2	AF 3M 50-200/9,2	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/22	AF ENR 80-200/30	AF ENR 100-200/37
	50	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/7,5	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/11	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 80-200/30	AF ENR 80-200/30	AF ENR 100-200/37
	55	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/11	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/30	AF ENR 80-200/30	AF ENR 80-200/37	AF ENR 80-200/37
	60	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-200/37	AF ENR 80-200/37	AF ENR 100-250/45
	65	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/55
	70	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/18,5	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/55
	75	AF ENR 32-250/15	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/75
	80	AF ENR 32-250/15	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 100-250/75
	85	AF ENR 32-250/15	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 50-250/30	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 100-250/75
	90	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75
	95	AF ENR 40-315/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75
100	AF ENR 40-315/22	AF ENR 40-315/30	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/55	AF ENR 65-315/55	AF ENR 65-315/55	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/90	

PRESTACIONES SUPERIORES BAJO CONSULTA

EBARA AQUAFIRE AFU-ENR 32-200/7,5 EJ



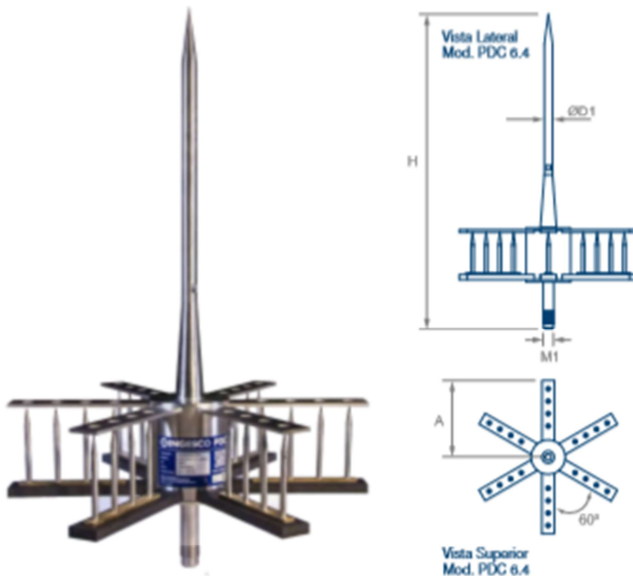
Composición del grupo:
EJ: Eléctrica + Jockey
DJ: Diesel + Jockey
EDJ: Eléctrica + Diesel + Jockey
EEJ: Eléctrica + Eléctrica + Jockey
KW
Tamaño de bomba
Serie bomba principal:
ENR ENI
3M MD
3P
MATREX
Norma:
AFU: UNE 23-500-90

(*) Ver también Grupos UNE 23-500-2012 Anexo C (Pags. 47 a 58).

Composición de Grupos ver págs. 13 a 17.

Dimensiones ver págs. 18 a 21.

Modelo bomba Jockey ver págs. 14 a 16.



PARARRAYOS INGESCO® PDC

Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico, normalizado según normas
UNE 21.186:2011
NFC17-102:2011
NP4426:2013

funcionamiento

El diseño del pararrayos **INGESCO® PDC** permite producir una ionización de las partículas de aire alrededor de la punta del captador, que genera un trazador ascendente dirigido hacia la nube. Esta corriente de iones intercepta y canaliza desde su origen la descarga eléctrica del rayo.

Entre el conjunto excitador (que se encuentra al mismo potencial que el aire circundante) y la punta y el conjunto deflector (que se hallan a igual potencial que la tierra) se

establece una diferencia de potencial que es tanto más elevada cuanto más alto es el gradiente de potencial atmosférico, es decir, cuanto más inminente es la formación del rayo.

La obtención, mediante ensayos de laboratorio, del valor Δt (incremento del tiempo de cebado) permite establecer una correlación entre la velocidad de propagación de la corriente de iones y la distancia de impacto del rayo, a partir de la cual se calcula el radio de protección para

cada modelo de pararrayos (ver cuadro adjunto).

El conocimiento de estos radios de protección nos permite seleccionar el modelo de pararrayos más adecuado a las características de la estructura a proteger, de acuerdo con la normativa reguladora del CTE (Código Técnico de la Edificación).

niveles de protección

Model	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3	PDC 6.4
Ref.	101000	101001	101003	101005	101008	101009
τ	15 μ s	25 μ s	34 μ s	43 μ s	54 μ s	60 μ s
NIVEL I	35 m	45 m	54 m	63 m	74 m	80 m
NIVEL II	45 m	55 m	64 m	73 m	84 m	90 m
NIVEL III	60 m	70 m	79 m	88 m	99 m	105 m
NIVEL IV	75 m	85 m	94 m	103 m	114 m	120 m

Radio de protección calculados según el Código Técnico de la Edificación.

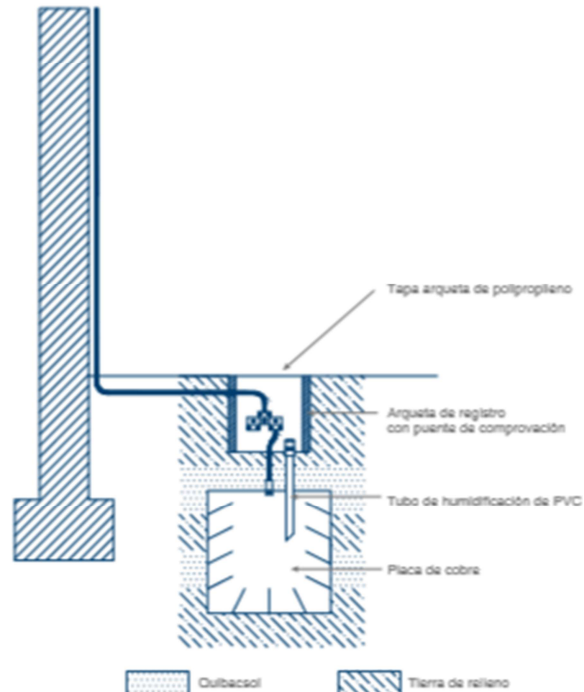
especificaciones técnicas

Mod.	Ref.	Mat.	H (mm)	D1 (mm)	M1	A (mm)	Peso (g)
PDC 3.1	101000	Inox	387	16	M 20	95	2350
PDC 3.3	101001	Inox	598	16	M 20	156	3200
PDC 4.3	101003	Inox	598	16	M 20	156	3400
PDC 5.3	101005	Inox	598	16	M 20	156	3600
PDC 6.3	101008	Inox	598	16	M 20	156	3800
PDC 6.4	101009	Inox	598	16	M 20	186	4150



Anejo 5. Catálogo Ingescó. Pararrayos PDC.

► esquema de montaje



► normativas y ensayos

- IEC 62305 - N-FC 17.102:2011 - UNE 21186:2011 - REBT - IEC 62561/2

► especificaciones técnicas

Descripción	Ref.	Mat.	A (mm)	E (mm)	D1 (mm)	Peso (kg)
Placa Cu con manguito Cu/Zn	251011	Cu	500	2	12,5	4,7
Placa Ac. galv. con manguito inox	251015	ac. galv.	500	2	12,5	6,2
Placa Ac. inox. con manguito inox	251012	ac. inox.	500	2	12,5	4,3



DENA DESARROLLOS SL
 Duero 5 | 08223 Terrassa | Barcelona | Spain
 T 937 360 305 | T (+34) 937 360 314
 F 937 360 312
 central@ingesco.com



**ELECTRODOS DE TOMA
DE TIERRA: PLACA
CON MANGUITO
DE CONEXIÓN**

ingesco.com

Anejo 6. Catálogo Ingesco. Electrodo de toma de tierra.



35 mm² 50 mm² 70 mm² 95 mm²



» CABLE TRENZADO DE COBRE

Cable trenzado de cobre electrolítico desnudo.

» aplicaciones

Entre sus múltiples aplicaciones como elemento conductor, se utiliza para la construcción de mallas captadoras y bajantes de conexión en sistemas de protección contra el rayo y para la construcción de sistemas de puesta a tierra.

» características y beneficios

- Fácil instalación.
- Gran flexibilidad.
- Conexionado mediante manguitos o elementos a presión (manguitos lineales, en "T", en cruz, etc...) o mediante soldadura aluminotérmica.

» normativas y ensayos

- CTE
- IEC 62.561-2
- NFC 17-102
- UNE 21186
- REBT
- IEC 62305 (secciones superiores a 50mm²)

» especificaciones técnicas

Descripción	Referencia	Material	D1 (mm)	Peso (g/m)
Cable trenzado de cobre 35mm ² de sección	117071	Cu	7,5	315
Cable trenzado de cobre 50mm ² de sección	117072	Cu	8,5	500
Cable trenzado de cobre 70mm ² de sección	117073	Cu	9,5	600
Cable trenzado de cobre 95mm ² de sección	117074	Cu	11,5	830



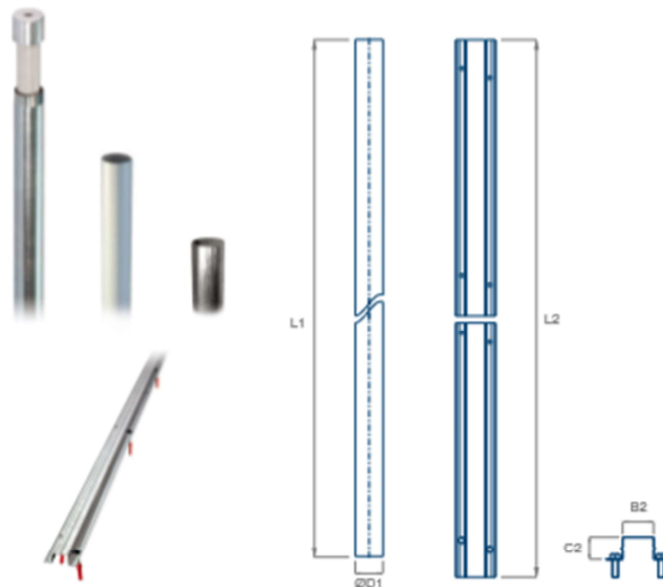
DENA DESARROLLOS SL
Duero 5 | 08223 Terrassa | Barcelona | Spain
T 937 360 305 | T (+34) 937 360 314
F 937 360 312
central@ingesco.com



CABLE TRENZADO DE COBRE

ingesco.com

Anejo 7. Catálogo Ingesco. Conductor de bajada.



▶▶ TUBOS Y PERFILES DE PROTECCIÓN

Tubo o perfil para la protección mecánica del tramo inferior del conductor de bajada en un sistema de protección externa contra el rayo.

▶ aplicaciones

Adecuado para la protección de bajantes (exteriores o interiores) de conductor redondo o plano, en sistemas de protección externo contra el rayo.

▶ características y beneficios

- Fabricados en acero galvanizado, con o sin aislamiento de PVC.
- Disponible también en polietileno reticulado de 3 mm de espesor (soporta ondas tipo 1,2/50 μ s en 100 kV).
- Incluye abrazaderas, tacos y tirafondos para su fijación a estructura.

▶ normativas y ensayos

- IEC 62305 · - UNE 21186 · - NFC 17-102

▶ especificaciones técnicas

Descripción	Ref.	Mat.	L1 (mm)	D1 (mm)	Peso (g)
Tubo blindado ac. galv.-PVC	119091	ac. galv.-PVC	3000	40	5000
Tubo polietileno reticulado 3 mm	119110	PE	2500	32	625
Tubo ac. galv	119109	ac. galv.	2000	30	1900

Descripción	Ref.	Mat.	L2 (mm)	B2 (mm)	C2 (mm)	Peso (g)
Perfil para conductor plano	119095	ac. galv	3000	40	32	2600



DENA DESARROLLOS SL
Duero 5 | 08223 Terrassa | Barcelona | Spain
T 937 360 305 | T (+34) 937 360 314
F 937 360 312
central@ingesco.com



TUBOS Y PERFILES DE PROTECCIÓN

ingesco.com

Anejo 8. Catálogo Ingesco. Tubo de protección.