



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2017/18

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNA/O

Olga Silva de Carvalho

TUTORAS/ES

José Luis Mier Buenhombre

Ana Isabel García Diez

FECHA

DICIEMBRE 2017

PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE ACEROS

La nitrocarburation es un tratamiento termoquímico superficial por medio de difusión. El propósito del proceso es la difusión de átomos de nitrógeno y de carbono en una solución sólida de hierro. Las temperaturas utilizadas en el proceso son 380 °C en el precalentamiento, 400 °C en el baño de oxidación y hasta un máximo de 590 °C en el baño de nitrocarburation. La finalidad del mismo es la modificación de las características superficiales de aceros y así mejorar sus propiedades tribológicas. Este proceso es aplicado a piezas utilizadas en diversos sectores industriales, destacando el sector naval y el automovilístico.

En el presente trabajo se contempla las actividades que comprenden el proceso de nitrocarburation TENIFER®QPQ, también se realizará la descripción los equipos y medios necesarios para el funcionamiento del proceso en una nave industrial situada en el polígono industrial A Granxa, en O Porriño.

Se buscará que los equipos utilizados en el proceso productivo y en los controles de calidad sean acordes con la normativa vigente (UNE, ISO, ASTM, DIN, SIS, etc.).

PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE ACEIROS

A nitrocarburation é un tratamento termoquímico superficial mediante a difusión. O obxectivo do proceso é a difusión de átomos de nitroxeno e de carbono nunha solución sólida de ferro. As temperaturas utilizadas no proceso son 380 °C no precalentamiento, 400 °C no baño de oxidación y ata un máximo de 590 °C no baño de nitrocarburation. Utilízase para modificar as características superficiais dos aceiros e así mellorar as súas propiedades tribolóxicas. Este proceso aplícase a pezas utilizadas en diversos sectores industriais, destacando os sectores naval e automobilístico.

No presente traballo, contemplanse as actividades que compoñen o proceso de nitrocarburation TENIFER®QPQ, ademais se describirá os equipos e medios necesarios para o funcionamento do proceso nunha nave industrial situado no polígono industrial A Granxa, no Porriño.

Pretendese que os equipos utilizados nos procesos de produción e controis de calidade cumpran coa normativa vigente (UNE, ISO, ASTM, DIN, SIS, etc.).

LIQUID NITROCARBURAZING PROCESS OF STEELS

The nitrocarburation process is a thermochemical diffusional treatment used to diffuse nitrogen and carbon atoms in an iron solid solution. The temperatures in which it takes place are 380 °C in the preheating furnace, 400 °C in the oxidation salt bath and up to 590 °C in the nitrocarburation salt bath. Its purpose is to improve tribological properties of the treated steel by altering the nature and characteristics of the surface layer. This process is applied to parts used in various industrial sectors, especially the naval and automotive sectors.

This current essay contemplates the activities that take place in the nitrocarburation process commercially known as TENIFER®QPQ, also describes the equipment and means necessary for a functional installation of the process in an industrial shed located in the industrial park of A Granxa, O Porriño.

The equipment used in the production process and quality controls must be in accordance with current regulation, as well as UNE, ISO, ASTM, DIN and others.

Índice

Memoria

1. Objetivos
2. Agentes
3. Emplazamiento
4. Introducción teórica
5. Descripción de las etapas del proceso
6. Control de calidad
7. Descripción de la instalación del proceso.

Bibliografía

Anexos

- I. Estudio de impacto medio ambiental
- II. Medidas de seguridad
- III. Cálculos

Planos

1. Situación
2. Parcela
3. Edificio de oficinas y vestuarios
4. Zona de producción

Presupuesto

1. Zona de producción
2. Auxiliares a la producción
3. Equipos de laboratorio
4. Resumen del presupuesto



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2017/18**

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

Grado en Ingeniería Mecánica

MEMORIA

Índice

1.	Objetivo	1
2.	Agentes	1
3.	Emplazamiento	1
4.	Introducción teórica	2
4.1.	Nitrocarburación	2
4.2.	¿Por qué la nitrocarburación?	2
4.3.	Técnicas de nitrocarburación	3
4.4.	Descripción de la microestructura	4
4.5.	Aplicaciones	6
5.	Descripción del proceso.....	7
5.1.	Colocación de piezas	8
5.2.	Limpieza mecánica. Arenado	9
5.3.	Limpieza química. Desengrase	9
5.4.	Lavado y secado	10
5.5.	Pre calentamiento	10
5.6.	Nitrocarburación.....	11
5.7.	Oxidación y enfriamiento.....	11
5.8.	Lavado	12
5.9.	Arenado	12
5.10.	Oxidación	12
5.11.	Aceitado	13
5.12.	Residuos	14
6.	Control de calidad.....	14
6.1.	Muestreo	14
6.2.	Niebla salina	15
6.3.	Inmersión total.....	15
6.4.	Desgaste.....	16
7.	Descripción de equipos	17
7.1.	Instalaciones relacionadas al proceso, control y movimiento de lotes.	17
7.2.	Instalaciones relacionadas al control de calidad.....	24
	Bibliografía	29

1. Objetivo

El objetivo de este proyecto es contemplar actividades y recursos necesarios para la implantación del proceso de nitrocarburation un una nave de dimensiones previamente determinadas.

Las piezas suministradas deberán estar preparadas para entrar en el proceso, que constará de la colocación, limpieza, tratamiento termoquímico y acabado. Las piezas se dividirán en lotes, el número de pieza por lote variará según el tamaño de las piezas. Se pretende conseguir producir entre 9 y 27 lotes durante 3 turnos de trabajo.

La actividad principal del proceso es la nitrocarburation ferrítica por baño de sales utilizando la técnica TENIFER® QPQ. Esta actividad está encuadrada en el campo de los tratamientos y revestimientos de metales, cuyo código CNAE es 2561.

Se buscará la realización de todos los procesos productivos basándose en normas de reconocido prestigio industrial (UNE, ISO, ASTM, DIN, SIS, etc.).

2. Agentes

Consta como peticionario del presente proyecto y promotor, la Escuela Politécnica Superior de Ferrol, dependiente de la Universidad de A Coruña, con domicilio en la calle Mendizábal s/n Esteiro, C.P.15403 Ferrol (A Coruña) y con código de identificación fiscal Q-6550005-J.

La autora del proyecto es la alumna de Grado en Ingeniería Mecánica Olga Silva De Carvalho. Como tutor y cotutora actúan, respectivamente, José Luis Mier Buenhombre y Ana Isabel García Diez, profesores de la Escuela Politécnica Superior de Ferrol de la Universidad de A Coruña, por el departamento de Ingeniería Naval e Industrial.

3. Emplazamiento

La planta de nitrocarburation se instalará en una nave que ya proyectada en el polígono industrial A Granxa, situado en el municipio de O Porriño, en la provincia de Pontevedra. La parcela en la que se ubica la nave es la 920, de una superficie de 4600 m². El total de la zona edificada es de 1500 m²: 1155 m² de nave más 345 m² de oficinas, las que tendrán dos plantas.

Se ha elegido esta ubicación para la planta por diversas razones:

- Porriño es un lugar estratégico pues posee autovía, línea de ferrocarril y el puerto de Vigo.
- Suministros suficientes de agua y electricidad.
- Cercanía a potenciales clientes de la industria naval y automovilística.

4. Introducción teórica

4.1. Nitrocarburation

La nitrocarburation es un tratamiento termoquímico superficial por medio de difusión. El proceso se lleva a cabo en un rango de temperaturas de 400 °C en el horno de precalentamiento hasta un máximo de 590 °C en el horno de nitrocarburation. Estas temperaturas corresponden a la región ferrítica del diagrama de fases Fe-C. Por lo tanto, no hay cambios de fase en la estructura del acero durante el proceso. Materiales como los aceros inoxidable austeníticos, ya tienen estructura austenítica a temperatura ambiente por lo tanto en el mismo rango de temperaturas se realizaría la nitrocarburation austenítica.

El propósito del proceso es la difusión de átomos de nitrógeno y de carbono en una solución sólida de hierro. Siendo la solubilidad del nitrógeno y del carbono mayor en la estructura austenítica que en la ferrítica.

Se utiliza para modificar las características superficiales de aceros al carbono, fundiciones y materiales de hierro sinterizado. La temperatura del proceso dependerá del material a ser tratado. Debido a la capa de nitrocarburation, hay una mejora en la resistencia a la fatiga. La capa superficial no tiene naturaleza metálica, por lo tanto favorece un aumento en la resistencia al desgaste. Además, se incrementa los valores de resistencia a la corrosión, cuando se combina la nitrocarburation con un enfriamiento oxidativo.

Este proceso es aplicado por variedad de industrias. En muchos casos es usado como alternativa a otros procesos superficiales tales como la cementación, galvanizado y cromado.

4.2. ¿Por qué la nitrocarburation?

El proceso de nitrocarburation es muy efectivo mejorando propiedades como la dureza, la resistencia al desgaste, a la fricción y a la corrosión.

Las piezas nitrocarburationadas llegan a resistir 500 horas en el ensayo de niebla salina, con 5% de cloruro de sodio a 35 °C, según los criterios de la norma DIN EN ISO 9227:2006 NSS. En el test de corrosión AASS, también según los criterios de la norma DIN EN ISO 9227:2006, en el que la disolución contiene ácido acético, las piezas cromadas fallaron en 21 horas, mientras que las piezas nitrocarburationadas empezaron a fallar después de 92 horas.

Por otro lado, es necesario tener en cuenta las variables económicas del proceso. Los costes de instalación son relativamente altos si lo comparamos con instalaciones para la cementación y el cincado, ya que es necesario equipos especializados para llevar a cabo las diferentes partes del proceso.

Los costes de funcionamiento son bastante elevados en comparación a otros procesos. Esto se debe al alto consumo de energía eléctrica para tener a los hornos encendidos constantemente, ya que una vez apagado, para volver a tenerlo operativo tardaría 8 horas y para estabilizar la temperatura del proceso un día.

Por esta razón, es un proceso muy ventajoso siempre que se pueda amortizar los costes con un volumen elevado de producción.

4.3. Técnicas de nitrocarburation

Dentro del proceso de nitrocarburation ferrítica existen diferentes técnicas:

Nitrocarburation ferrítica asistida por plasma

Este proceso se basa en la descomposicion de un gas por una descarga eléctrica con objeto de introducir nitrógeno naciente en la superficie del acero y su posterior difusion en las capas inmediatas a la superficie. El plasma se genera en vacío utilizando una alta diferencia de potencial para acelerar los iones nitrógeno que bombardean la superficie de la aleacion a nitrocarburar. Las ventajas de nitruracion iónica incluyen la utilizacion de bajas temperaturas y tiempos de operacion cortos. Debido al bombardeo de los cationes sobre el metal, la capa protectora de óxido, presente en la superficie de los aceros inoxidable aluminio o aleaciones de titanio, se elimina, de manera que el nitrógeno se puede introducir en la capa sub-superficial del material.

Los gases utilizados en la nitrocarburation por plasma suelen ser nitrógeno, metano, propano o dióxido de carbono. Debido a los rangos de temperatura de proceso relativamente bajos (420°C a 580°C) y al enfriamiento suave en el horno, la distorsion de las piezas durante el tratamiento se minimiza. Así, pueden tratarse piezas de acero inoxidable a temperaturas moderadas, del orden de 420°C, sin que se produzca precipitacion de nitruros de cromo, manteniéndose la resistencia a la corrosion de estos aceros.

Nitrocarburation ferrítica en baño de sales

El proceso utiliza un baño de sales de cianuros alcalinos que se descomponen en cianatos alcalinos. Estos productos reaccionan térmicamente con la superficie de la pieza de trabajo para formar carbonato alcalino. El baño se trata a continuacion para convertir el carbonato de nuevo a un cianato. La superficie formada a partir de la reaccion tiene una capa compuesta y una capa de difusion. La capa compuesta consiste en hierro, nitrógeno y oxígeno, es resistente a la abrasion, y estable a temperaturas elevadas. La capa de difusion contiene nitruros y carburos. La dureza superficial oscila entre 800 y 1500 HV dependiendo del grado de acero.

Este proceso puede ser combinado con un posterior temple de la pieza y un pulido. El enfriamiento se mantiene durante 5 a 20 minutos antes de enfriamiento final a temperatura ambiente. Esto se hace para minimizar la distorsion y para destruir cualquier cianato persistente o cianuros dejados en la pieza de trabajo.

La nitrocarburation ferrítica en baño de sales, con sus correspondientes procesos en todo el tratamiento de la pieza, será el objeto de este proyecto.

Nitrocarburation ferrítica gaseosa

El proceso trabaja para lograr el mismo resultado que el proceso de baño de sal, excepto que se utilizan mezclas gaseosas para difundir el nitrógeno y el carbono en la pieza de trabajo.

Las partes se limpian primero, usualmente con un proceso de desengrasado con vapor, y luego se nitrocarburan alrededor de 570 ° C (1.058 ° F), con un tiempo de proceso que oscila entre una y cuatro horas. Las mezclas de gases reales son propietarias, pero normalmente contienen amoníaco y un gas endotérmico.

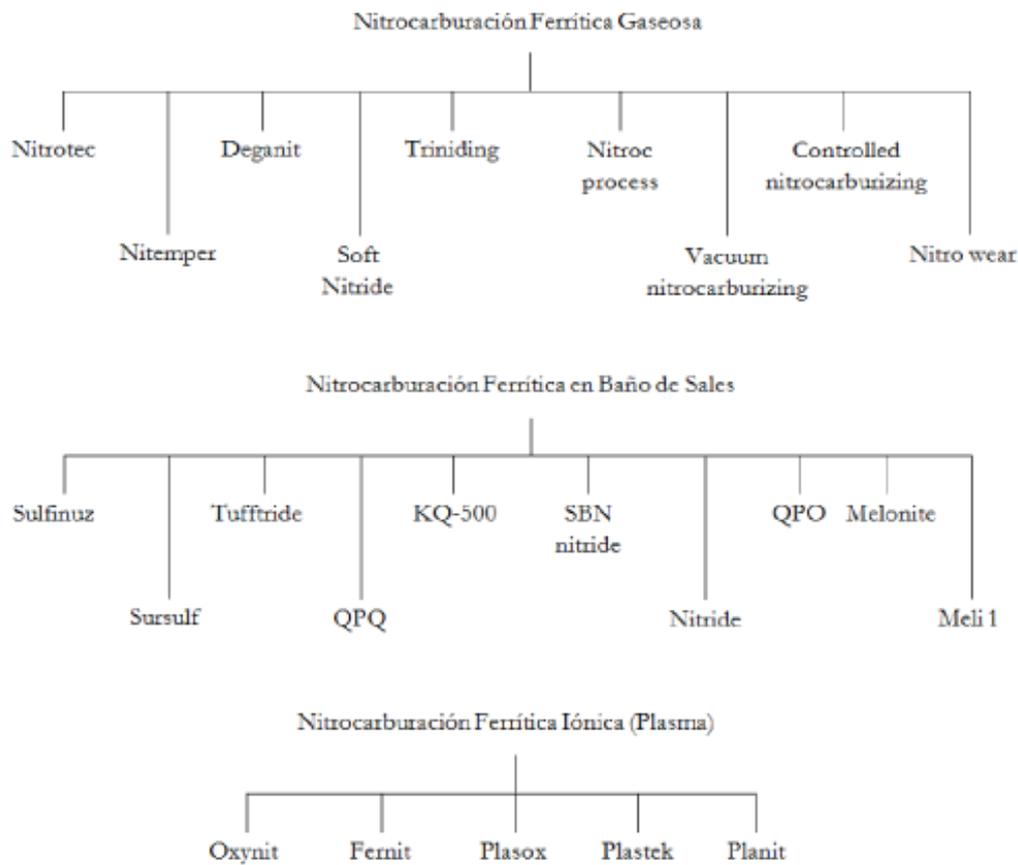


Figura 1. Nombres comerciales de los procesos de nitrocarburation ferrítica.

4.4. Descripción de la microestructura

La importancia tecnológica de la nitrocarburation está en el marcado incremento de la resistencia a la fatiga, desgaste y corrosión. Que es debido principalmente a la naturaleza no metálica de la capa formada en la superficie del acero tratado.

El proceso de nitrocarburation introduce nitrógeno y carbono a una temperatura entre los 550 y los 590 °C. La zona enriquecida por estos elementos se puede dividir en dos zonas:

- La capa de compuestos, mayoritariamente compuesta por la fase $\epsilon\text{-Fe}_2\text{N}_{1-z}$, aunque también puede estar presente la fase $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}_{1-x}$, con un espesor entre 10 y 20 μm .
- La capa de difusión que alcanza un espesor de hasta 100 μm . El espesor de la capa dependerá del tipo de acero a ser tratado. Cuanto más aleado esté el acero, menos profunda será la capa.

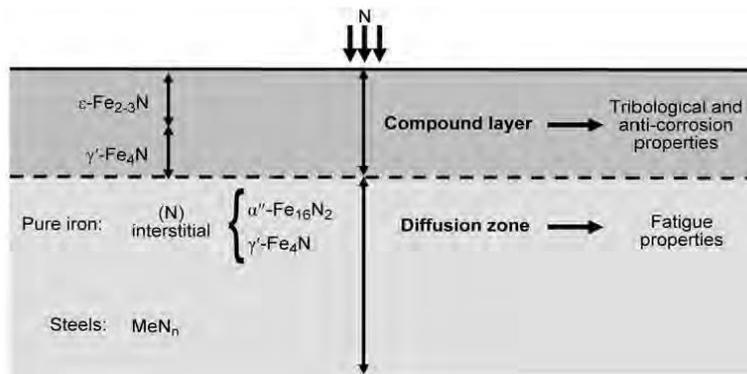


Figura 2. Esquema de la sección afectada por el nitrógeno y la diferenciación de la capa de compuestos y la capa de difusión con sus posibles componentes.¹

Capa de compuestos.

La formación de la capa se lleva a cabo mediante la difusión simultánea de nitrógeno y carbono, por lo tanto se utiliza el diagrama ternario de fases Fe-C-N.

La aparición de equilibrios locales dentro de la zona nitrocarburada implica que los potenciales químicos de nitrógeno y carbono (y hierro) varían de manera continua a través de la zona nitrocarburada, desde la superficie hasta el núcleo no afectado. Esto puede estar asociado con la formación de fases en una secuencia y de composiciones según se prescribe por una llamada trayectoria de difusión a temperatura constante en el diagrama de fase.

La termodinámica no sólo gobierna el curso de la vía de difusión, sino que también la cinética puede ser decisiva. Así las fases ϵ y γ' se producen como subcapas en ese orden, de arriba hacia abajo, en la capa de compuestos que se desarrolla sobre nitruración de hierro.

La parte más superficial de la capa de compuestos tiene mayor contenido de nitrógeno en relación al contenido de carbono, las fases predominantes son la ϵ y γ' , y evoluciona de forma que en la parte más profunda es pobre en nitrógeno y rica en carbono, por lo que la fase predominante es la cementita. Eso ocurre en el proceso de nitrocarburoción, independiente de la técnica utilizada (nitrocarburoción gaseosa, por plasma o en baño de sales)

La superficie del sustrato de ferrita se satura de carbono mucho antes que de nitrógeno, lo que da lugar a la formación de la cementita. Durante el proceso el sustrato se va enriqueciendo de nitrógeno, debido a la difusión por los bordes de grano de la cementita.

Los aceros tratados por la nitrocarburoción suelen tener aleantes. Estos componentes tendrán distinto grado de afinidad con el nitrógeno y el carbono. Los elementos como el titanio, el vanadio y el cromo, tienen fuerte afinidad con el nitrógeno. Esto implica que al principio del proceso, hay una precipitación de nitruros de estos elementos en la matriz ferrítica. Mientras con los elementos con baja afinidad, como aluminio, molibdeno y silicio, esta precipitación no es inmediata y pudiera no ocurrir. Por lo tanto, la microestructura y la morfología de la capa de compuestos depende del material base y de los elementos que están disueltos en la matriz ferrítica del mismo.

Dependiendo del material utilizado, la capa exterior tendrá dureza Vickers alrededor de 800 a 1500 HV.

Capa de difusión

Es la zona posterior a la capa de compuestos. Debido a la disminucion de la concentracion de nitrógeno desde la superficie hasta el núcleo, el contenido de nitrógeno no es suficiente para formar nitruro. El nitrógeno absorbido para estar en una soluci3n s3lida, los átomos est3n distribuidos en los intersticios octaédricos de la estructura cubica centrada en el cuerpo de la ferrita (α -Fe). En el caso de la nitrocarburation austenítica, estarían distribuidos en los intersticios tetraédricos.

En el caso de los aceros no aleados, la estructura de la capa de difusi3n depender3 de la velocidad de enfriamiento. Despu3s de un enfriamiento en agua, el nitrógeno difundido se mantiene en la soluci3n. Si el enfriamiento se hace despacio, o si se lleva a cabo un temple, se puede precipitar agujas de nitruro de hierro en la regi3n exterior de la capa de difusi3n. Esta precipitaci3n mejora la ductilidad de los componentes de la nitrocarburation. Mientras que en el caso de los aceros aleados, el efecto del enfriamiento no es relevante en la estructura y formaci3n de la capa de difusi3n.

Adem3s de los elementos aleantes, otro factor importante es el tiempo que permanece en el baño de sales. Para mayores tiempos de tratamiento, se consigue una capa de mayor espesor, como vemos en la Figura 3.

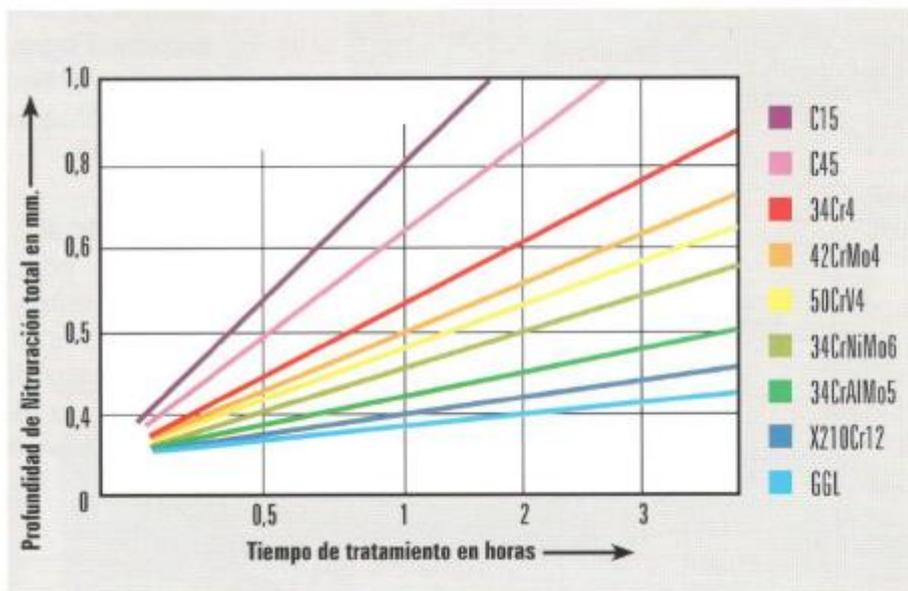


Figura 3. Espesor total de nitrocarburation de varios materiales despu3s del tratamiento TENIFER®QPQ en relaci3n con el tiempo de tratamiento.²

4.5. Aplicaciones

La nitrocarburation en baño salino QPQ, se ha establecido a nivel mundial y est3 presente en gran variedad de industrias. Como se ha explicado en apartados anteriores con este proceso se consigue piezas de altas prestaciones en resistencia desgaste y en resistencia a la fatiga.

Las piezas tratadas por este procedimiento son muy utilizadas en la industria de la automoci3n. Incluyendo ejes de levas para motores, engranajes, vástagos de pist3n hidr3ulicos, aplicaciones con tensiones térmicas como válvulas en motores de combusti3n, para el cigüeñal de motores de dos tiempos en motos y motores de cuatro tiempos en coches deportivos.

En la industria aeroespacial, se utilizan varillas rectificadas colocadas o ajustadas en los deflectores de cola de aeronaves, así como en las compuertas de equipajes y las puertas de cabina de los aviones. En muchas de estas aplicaciones, se utilizaban o se siguen utilizando en menor medida piezas cromadas, que en comparación con las piezas nitrocarbureadas pierden en calidad y en el coste.

Las herramientas de acero fundido o forjado, llegan a tener una mejora en la vida útil después de nitrocarburation debido a la capa superficial no metálica. Suponiendo además un ahorro en tiempo, debido a la rapidez del tratamiento.

Con la nitrocarburation en baño de sales, se puede conseguir altas prestaciones en relación a la resistencia a la corrosión utilizando como material base aceros no aleados. Estos aceros son más baratos que los aceros de alta aleación y por eso se usan como sustitutos a los aceros de alta aleación conexiones de ajuste rápido, juntas de mangueras en medio líquido y otras aplicaciones similares.

Las aplicaciones de las piezas nitrocarbureadas van en crecimiento y más allá de las aplicaciones convencionales el proceso QPQ es usado para componentes en la tecnología offshore, en la industria energética, en la industria alimenticia, en ordenadores y en la fabricación de máquinas textiles.



Figura 4. Aplicaciones.³

5. Descripción del proceso

La nitrocarburation ferrítica (FNC) es un proceso termoquímico difusional de baja temperatura que tiene lugar en la región ferrítica del diagrama de equilibrio hierro-carbono, en un rango de temperaturas entre 380 y 590 °C, esto previene que haya cambio de fase de ferrita a austenita. Eso es una ventaja ya que el cambio de fase podría ocasionar tensiones internas en la pieza.

El proceso se aplica generalmente a los aceros de bajo contenido en carbono y de baja aleación para mejorar las características mecánicas de las piezas sometidas a este tratamiento. Aunque es aplicable también a los aceros de mayor aleación e aceros inoxidables ferríticos.

Se puede aplicar el proceso de nitrocarburation con el mismo rango de temperatura a los aceros inoxidables austeníticos, como los aceros AISI 304 y AISI 316, ya tienen estructura austenítica a temperatura ambiente, por lo que, en principio, una

nitrocarburation a altas temperaturas no tendría sentido ya que sería necesario un mayor aporte energético. Sin embargo, hay que tener en cuenta que al aumentar la temperatura la solubilidad de estos dos elementos en el acero aumenta, por lo que se necesita un mayor tiempo de tratamiento para conseguir la capa de compuestos.

Los elementos difundidos durante el proceso en el horno de sales, formarán una capa superficial de compuestos en la superficie del acero, conocida como capa de compuestos o como capa blanca. Esta capa cambia la naturaleza de la superficie, que pasa a ser la fase ϵ (épsilon) del diagrama de fases F-N, siendo esta muy resistente al desgaste abrasivo. Por debajo de esta capa de compuestos, se encuentra la capa de difusión responsable de la mejora frente la resistencia a la fatiga. Además, un acero que haya sido nitrocarburationado por el método QPQ será más resistente a la corrosión incluso en ambientes salinos.

Para que una pieza sea correctamente nitrocarburationada, es necesario que la superficie del hierro o acero se limpie a fondo, de tal forma que el carbono y el nitrógeno puedan difundirse por la superficie con facilidad y de la manera más homogénea posible. Por este motivo, las piezas que han de ser sometidas a este tratamiento térmico deberán pasar por una serie de tratamientos previos de limpieza. Dependerá del estado de suciedad con el que se recibe las piezas, los principales residuos serán pequeños puntos de óxido, arenas y aceites procedentes de la fabricación. Por lo general, la limpieza consistirá en el arenado, desengrase, lavado y secado de la pieza para después ser introducida en la línea de horno de precalentamiento, nitrocarburation y oxidación.

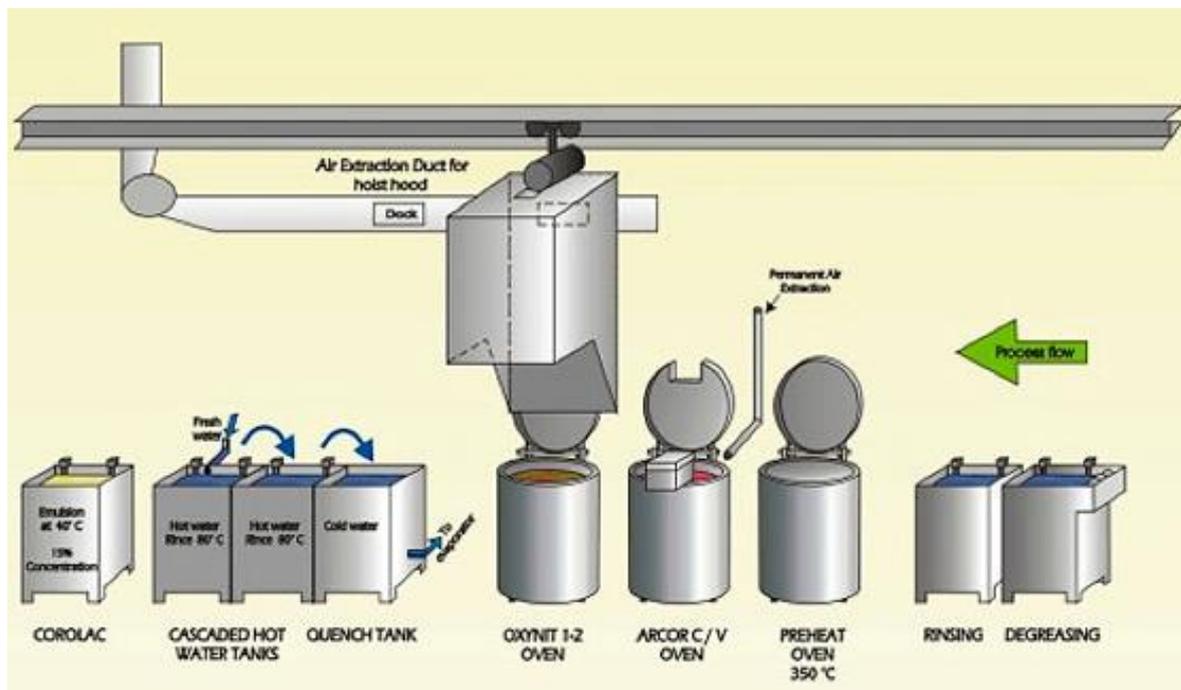


Figura 5. Proceso de nitrocarburation.⁴

5.1. Colocación de piezas

La primera fase en el proceso es la recepción y colocación de las piezas de manera que puedan entrar en la línea de producción. Serán piezas de reciente fabricación, a las que sea necesario únicamente la limpieza antes de entrar en el proceso de

nitrocarburation. Las piezas se colocarán en bastidores que serán transportados por un sistema de grúas. Se dispondrá de bastidores de diferentes geometrías, para conseguir la óptima colocación de las piezas.

El tratamiento térmico se realizará por lotes. El número de piezas en cada lote está condicionado por diferentes factores. Por un lado, el volumen útil de los hornos será el que determina el volumen máximo que puede ocupar un lote. Por otro, las piezas van distribuidas en bastidores y su disposición la colocación tiene que ser tal que exista el mínimo contacto entre superficies ya que a las partes en contacto no le afectará el tratamiento termoquímico, por lo tanto la geometría y el tamaño de la pieza también serán condicionantes del tamaño de lote.

5.2. Limpieza mecánica. Arenado

El objetivo en esta etapa del proceso es eliminar posibles óxidos de la superficie de las piezas que llegan o cualquier tipo de residuo incrustado a la pieza.

Se hace soplando aire a presión con corindón (óxido de aluminio Al_2O_3). Se utiliza el corindón debido a su alta dureza. La arena sale de las mangueras con una presión entre 2 y 6 bares, a mayor presión de salida del aire más rugosa será la superficie. La presión de salida es la principal variable de este proceso, será acorde a la pieza y su estado, lo más común es que se utilice 4 bares.

Al finalizar este proceso se sopla las piezas con aire, para que las impurezas del arenado y la capa de polvo resultante se eliminen lo máximo posible antes de pasar a la limpieza química de las piezas, buscando reducir la cantidad de residuos sólidos en la siguiente etapa.

5.3. Limpieza química. Desengrase

La limpieza mediante productos químicos busca eliminar polvo y suciedad, materias extrañas de la superficie del acero y sobre todo aceites. Hay varios métodos para realizarla:

- Por detergencia, desplazando las impurezas y materias extrañas por agentes tensioactivos de gran afinidad por el metal.
- Por remoción mecánica, que en realidad se usa en conjunto con el método anterior.
- Por disolución, en disolventes como el agua, alcoholes o en derivados del petróleo, este método no es recomendable ya que redistribuye el contaminante como una película fina continua de grasa sobre la pieza.
- Por reacción química, para transformarlos en sustancias solubles.

La elección del procedimiento adecuado depende de factores tales como el tipo de contaminante y la naturaleza de la superficie, entre otros.

Normalmente se realiza un tratamiento de desengrase para la eliminación de los residuos de aceites y grasas, tales como aceites de corte procedente de procesos de fabricación anteriores. Un buen desengrase evita el arrastre de aceites y grasas a las fases de tratamientos posteriores, facilitando la valoración de los residuos y subproductos obtenidos. Además de cumplir el objetivo de preparar la superficie

metálica para su posterior tratamiento.

Desengrase alcalino:

Es el proceso de desengrase más común. Se distingue entre los desengrasantes alcalinos de alta temperatura (alrededor de 85 °C) y los de baja temperatura (a partir de 40 °C). Los limpiadores alcalinos son sales alcalinas mezcladas con tensoactivos. Tanto las mezclas y las condiciones de uso las estipularan el fabricante el producto desengrasante que se vaya utilizar en la cuba de desengrase. La composición básica es el hidróxido sódico al que suelen añadirse otras sustancias con propiedades alcalinas como carbonato sódico, silicatos sódicos, fosfatos alcalinos, borax, etc. Además de agente tensoactivos específicos (jabones), emulsiones y dispersantes que facilitan la limpieza.

Los sistemas de desengrase alcalinos pueden ajustarse para que se formen emulsiones menos estables. De esta forma, sería posible la separación de los aceites y grasas, mediante dispositivos especiales, prolongándose la vida del baño.

Es necesario considerar que tanto el tiempo de permanencia, cuanto la proporción agua/detergente dependerán del producto utilizado, pero sobretodo de la suciedad de las piezas.

5.4. Lavado y secado

Una vez sacadas las piezas de la cuba de desengrase, el siguiente paso será el lavado en agua de las piezas. Esta etapa es necesaria para eliminar los restos de detergente que puedan quedar en la superficie de la pieza.

Ocurre a temperatura ambiente, en tres etapas diferentes. En la primera cuba se lava las piezas con agua, durante 5 minutos. El proceso se repite, se lavan las piezas en otra cuba con agua, también durante 5 minutos. Por último, para conseguir una mayor limpieza se lava con agua desmineralizada, las piezas permanecen en la cuba por 5 minutos. Los tiempos de permanencia en las cubas de desengrase y de lavado son orientativos, se podría prolongar por algunos minutos más en función de la suciedad de las piezas. El posterior secado de las piezas si son lotes pequeños, se hace manualmente mediante chorro de aire a presión.

5.5. Pre calentamiento

Una vez realizado el desengrase, el secado y la colocación de las piezas, las cargas deben pre calentarse entre 380 y 420°C en un horno que contiene únicamente aire caliente, con un tiempo de permanencia entre 20 y 40 minutos para minimizar el descenso de temperatura del baño de nitrocarburation al introducirlas. Este descenso no debe ser superior a 40°C, en caso contrario, habría que reducir el peso de la carga.

Otro objetivo del pre calentamiento es asegurar que no hay ningún resto de agua en las piezas, evitando así salpicaduras de sales calientes fuera del baño al colocar las piezas en el horno de nitrocarburation.

Si el tiempo de permanencia y la temperatura de pre calentamiento son demasiado elevados, aparecerán costras en las piezas, resultando un tratamiento de poca calidad, y aumentará la formación de lodos en los baños.

5.6. Nitrocarburation

Los elementos principales del proceso son:

Temperatura

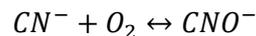
La temperatura de funcionamiento del horno TF1 deberá estar comprendida entre los 550 a los 590 °C. El calentamiento hasta esta temperatura se consigue con resistencias eléctricas en las paredes de los hornos. El aumento de la temperatura de funcionamiento podría ocasionar pérdidas mayores de cianato, mientras que el uso de temperaturas inferiores a los 550 °C reduciría la efectividad del proceso.

Tiempo de residencia

El tiempo dependerá del tipo de material, del pretratamiento, pero sobre todo del objetivo. No se debería llegar a tiempos de tratamiento superiores a 3 horas, ya que pueden dar lugar a la aparición de manchas y aumentar la porosidad de la capa de compuestos.

Fuentes de carbono y nitrógeno

El baño de sales es dinámico y consiste en añadir aire, cianuros alcalinos (sódico o potásico), cianatos en mayor proporción que los cianuros. Las concentraciones necesarias vienen estipuladas por el fabricante de los productos. Dentro del horno los cianuros reaccionarán con el oxígeno del aire que se introduce en el baño cuando las sales están fundidas, creando cianatos.



La calidad de las capas de compuestos producidas en el baño TF1®, está influenciada por la composición del baño y el contenido en lodos. Cuantos más lodos estén presentes en el baño, mayor será la porosidad de la capa de compuestos. Por eso es necesario sacar los lodos periódicamente, este trabajo se hace manualmente, con las herramientas y protecciones correspondientes.

Atmósfera controlada

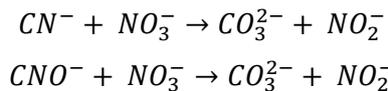
Se controla la composición del aire en el interior del horno durante todo el tiempo de estancia de las piezas. Eso es importante porque una variación en el oxígeno corresponde a una variación en la reacción que ocurre en el baño de sales.

5.7. Oxidación y enfriamiento

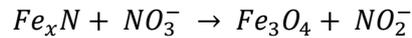
El proceso de nitrocarburation si bien aumenta la dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la fatiga, no mejoran las prestaciones de las piezas de acero en relación a la corrosión. De ahí, la necesidad de hacer el tratamiento de oxidación y su posterior enfriamiento, consiguiendo así una capa de óxido ferroso férrico que protegerá la pieza de la corrosión. Además de la oxidación el baño influirá positivamente sobre la estabilidad dimensional de los componentes enfriados.

El proceso se lleva a cabo en un horno de sales con atmósfera controlada, a una temperatura de trabajo entre 350 y 400 °C aproximadamente y durante 20 minutos.

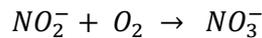
El baño consiste en nitratos alcalinos y carbonatos alcalinos. Los cianuros y cianatos arrastrados por las piezas que proceden del baño de nitrocarburation se convierten completamente en carbonatos. Esta reacción es exotérmica y produce espuma. La cantidad de espuma que se forme, dependerá de la cantidad de sales introducidas en el baño de oxidación con la carga y de la temperatura del baño.



Oxidación de la capa de compuestos:



Regeneración:



Es importante tener en cuenta que el paso del proceso anterior a este no debe llevar más de 10 minutos, ya que durante este tiempo la pieza estaría en contacto con aire y podría comprometer el resultado final.

La siguiente etapa sería el enfriamiento de la pieza, que se realiza en agua a temperatura ambiente. Es un proceso peligroso ya que partimos de piezas a temperaturas muy elevadas y puede haber salpicaduras de agua caliente, una vez se introduzcan al baño de agua fría.

5.8. Lavado

Las piezas pasan posteriormente por el lavado para que se disuelva cualquier sal que pueda haber quedado de los procesos anteriores. El lavado se realiza en tres cubas diferentes que contienen agua. Para mejorar el rendimiento, se introduce aire para agitar el baño. El tiempo de permanencia en cada una de las fases es de 10 minutos. Se procede en seguida al secado de las piezas con aire soplado.

5.9. Arenado

Una vez secas las piezas, se procede a la operación de pulido. Las piezas nitrocarbureadas son piezas que estarán sometidas a mucha fricción. El pulido se hace para reducir la rugosidad y para minimizar el rozamiento. Según las especificaciones del cliente se pueden utilizar distintos procesos mecánicos, el más común es un arenado con corindón, siendo la presión de salida aproximadamente 2 bares.

5.10. Oxidación

Se repite el mismo proceso que el descrito anteriormente. Es necesario para reafirmar la capa de óxido una vez que se haya conseguido el acabado superficial que se buscaba con el pulido. Durante este proceso se crea una capa de óxido ferroso férrico (Fe_3O_4) con un espesor de 3 a 4 mm, mientras que también se sellan los poros con óxido.

La siguiente gráfica compara los resultados de resistencia a la corrosión de las

capas de óxido obtenidos diferentes procesos. Midiendo el número de horas de permanencia de las piezas en un ambiente corrosivo, hasta que aparece las primeros señales de corrosión en la superficie.

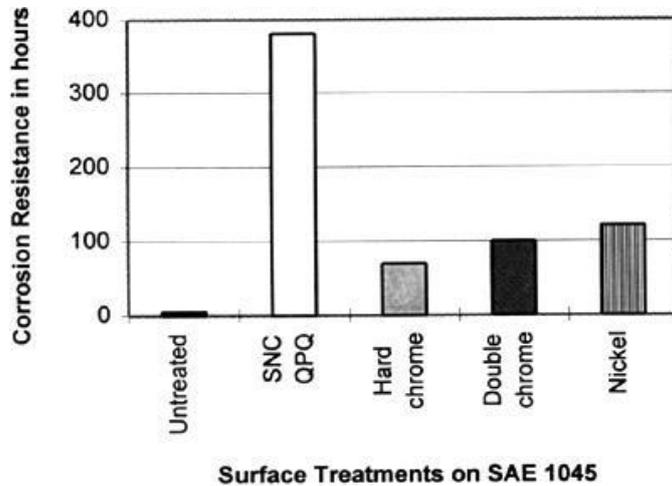


Figura 6. Resistencia a la corrosión para distintos tratamientos térmicos. Representada por el número de horas de exposición.⁵

Esta segunda grafica hace una comparación de la resistencia a la corrosión según el tipo de tratamiento superficial, basado en la completa inmersión en disolución con el 3% de cloruro de sodio y 3 g/L de peróxido de hidrógeno durante 24 horas. Se puede ver como se consigue una mayor resistencia en los aceros tratados por el proceso QPQ.

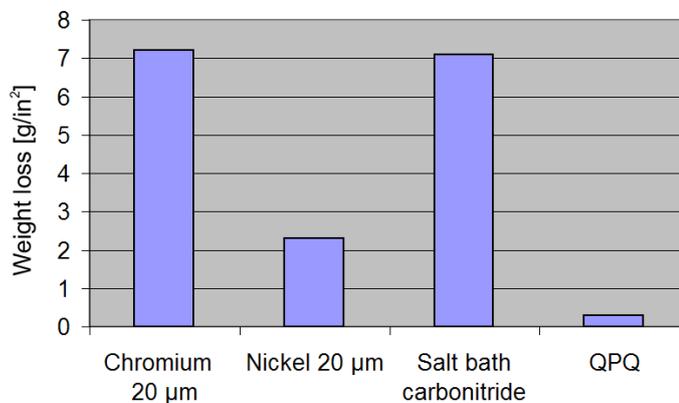


Figura 7. Resistencia a la corrosión para distintos tratamientos térmicos, representada por la pérdida de materia.⁶

5.11. Aceitado

El proceso de aceitado se llevará a cabo mediante una inmersión en aceite a temperatura ambiente, para dar una protección añadida contra la corrosión, durante aproximadamente 5 minutos.

El color negro que adquieren las piezas que han sido tratadas por nitrocarburation QPQ se deben a dos cosas, por un lado el proceso de aceitado y a la curación de las piezas, que es un periodo de 3 a 4 días posterior a la finalización del tratamiento.

5.12. Residuos

Se generan residuos en todas las etapas del proceso:

- Desengrase: Residuos líquidos con alto contenido de grasas, suciedad y agentes químicos.
- Horno de nitrocarburation: Lodos contaminados por cianuros y cianatos.
- Horno de oxidación: Lodos contaminados por nitritos.
- Lavados: Aguas residuales contaminadas por metales pesados, aceites y sales procedentes de los baños. El agua utilizada para el enfriamiento posterior a la oxidación se cambia con mayor frecuencia que los demás enjagues, debido a la mayor concentración de las sales arrastradas por las piezas cuando pasan del horno a la cuba de enfriamiento.

Los residuos serán gestionados por una empresa subcontratada

El tratamiento de los residuos sólidos (lodos) procedentes de los hornos y residuos líquidos procedentes de las cubas de desengrase y de los hornos, será subcontratado por una empresa gestora.

6. Control de calidad

El control de calidad es parte fundamental de la estrategia empresarial para poder mejorar su proceso, evitar sobrecostos y establecerse en un entorno globalizado.

El primer paso en el control de calidad de las piezas será una inspección visual de las piezas al final del proceso, con el fin de detectar rápidamente alguna anomalía en el lote sin proceder a realizar los ensayos en el laboratorio.

El siguiente paso será la determinación del número de piezas a analizar.

Por último, se realizarán ensayos en laboratorio para determinar la resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste en las muestras. Que serán los siguientes:

- Niebla salina
- Inmersión total
- Desgaste

6.1. Muestreo

Para el control de calidad de los lotes se utilizará un muestreo de aceptación, esto es, un muestreo estadístico para determinar si se acepta o rechaza el lote.

Se aplica la norma ISO 2859-1. Se define el número de piezas por lote y los parámetros dependientes de las especificaciones del cliente. Nivel de calidad aceptable (AQL - Acceptable Quality Level) es el número máximo de no conformidades por 100 piezas. Los niveles de inspección: reducida de poca discriminación, normal y rigurosa de alta discriminación. Y por último sistema de inspección: simple, doble o múltiple.

Según los datos de entrada se obtendrá el número de piezas que será necesario muestrear y el número máximo de no conformidad entre las piezas muestreadas.

También serían aplicables la norma ANSI/ASQ Z1.4-2008.

6.2. Niebla salina

Es un ensayo de pulverización, esto es, un proceso de exposición de las muestras a la pulverización directa de un determinado corrosivo o a la exposición de las mismas a una niebla más permanente del corrosivo. La exposición puede ser continua o intermitente.

Para el ensayo se aplicará la norma ISO 9227:2017. Se especifican los equipos utilizados para el test y los agentes corrosivos. No trata acerca de la preparación de muestras, tiempo de ensayo, tratamiento de las muestras al finalizar el ensayo o de la evaluación de los resultados.

El ensayo sirve tanto para caracterizar la efectividad de la protección a la corrosión proporcionada por el proceso de nitrocarburation, como para detectar defectos.

El agente corrosivo empleado será una solución acuosa de cloruro de sodio (NaCl), la concentración debe ser 5g por 100ml que se pulverizará continuamente por aire comprimido.

La norma abarca tres procedimientos:

- Niebla salina neutra (NSS). Valor del pH entre 6,5 y 7,2.
- Niebla salina ácido acético (AASS). Valor del pH entre 3,1 y 3,3.
- Niebla salina ácido acético acelerada con cobre (CASS). Valor del pH entre 3,1 y 3,3.

En el proceso de control de calidad descrito en este proyecto solo se utilizará la niebla salina neutra.

El agua utilizado para preparar la solución debe ser destilada o desionizada, la conductividad eléctrica del agua no debe exceder 2mS/m a los (23 ± 2) °C. El cloruro de sodio no debe contener más de un 0,3% de adictivos.

Los equipos utilizados en el proceso deberán estar fabricados de materiales resistentes solución acuosa empleada en el ensayo, de forma que no influya en la corrosión de las muestras.

- Cámara: Es necesario que esté equipada para el control y mantenimiento de la temperatura (35 ± 2) °C. Debe tener una capacidad superior a los 400L.
- Boquilla de pulverización: Deberán de poliacrilato o acero inoxidable austenítico. Operarán con una presión manométrica de 0,7 a 1,4 bar, el chorro de pulverización no deberá estar orientado directamente a la muestra.
- Suministro de aire comprimido y humidificador de aire: Se debe asegurar que el aire esté saturado a la temperatura de ensayo durante todo el proceso.
- Soportes: Con la función de que las distintas muestras dentro de la cámara no interfieran unos a otras.

Para los equipos especificados también sería válida la aplicación de la norma ASTM B117-16.

6.3. Inmersión total

Se trata de la inmersión de las muestras en un medio corrosivo. Los factores que pueden afectar la velocidad de corrosión son los siguientes:

- Tamaño, forma y método de suspensión.

- Profundidad de inmersión.
- Volumen del líquido corrosivo.
- Estabilidad del aparato.
- Temperatura y sus variaciones.

La principal dificultad experimental en las pruebas de inmersión total estiba en que debe haber contacto de la muestra con el dispositivo que le sirve de apoyo dentro del corrosivo, y que dicho contacto puede acelerar localmente la corrosión.

Para el ensayo se aplicará la norma ASMT G31-12a. Se especifican el proceso de inmersión y los factores que influyen en el test. Incluyendo preparación, equipos, condiciones del test, métodos de limpieza de la muestra, evaluación de resultados y cálculos de ratios de corrosión.

Los equipos serán un depósito de tamaño entre 500 y 5000 ml, un condensador de reflujo con sello atmosférico, un burbujeador para controlar la atmósfera o la aireación y un dispositivo de regulación de la temperatura, un dispositivo de calentamiento y un sistema de soporte de muestras. Si se requiere agitación, el aparato puede modificarse para aceptar un mecanismo de apriete adecuado, tal como un agitador magnético.

Para el ensayo de inmersión total también sería válida la aplicación de la norma DIN 50905-4.

6.4. Desgaste

Se trata de la evaluación de la resistencia al desgaste del material. Para el ensayo se aplicará la norma ASTM G99-05.

Se utiliza un pin de punta radial y un disco de superficie plana. El pin se posiciona perpendicular al disco, que puede estar orientado vertical o horizontalmente, y se presiona con una carga determinada siguiendo una trayectoria circular en la superficie del disco.

Los resultados de desgaste se reportan como pérdida de volumen en cúbico milímetros para el pin y el disco por separado.

El sistema debe tener un sistema de medición de la fuerza de fricción, por ejemplo, una celda de carga, que permite que el coeficiente de fricción sea determinado. Los equipos utilizados en el proceso serán:

- Motor: Un motor de velocidad variable, capaz de mantener constante la velocidad bajo las condiciones de carga especificadas. El motor debe ser montado de manera que no afecte el resultado del ensayo.
- Contador de revoluciones: Con la finalidad de contar las revoluciones y que desconecte el equipo una vez se hayan alcanzado un número de vueltas establecido.
- Sujeción para el pin y brazo de palanca.
- Sistema de medición del desgaste: Los instrumentos para obtener medidas lineales de desgaste deben tener una sensibilidad de 2,5 μm como mínimo. Cualquier balanza utilizada para medir la pérdida de masa del pin o del disco de ensayo debe tener una sensibilidad de 0,1 mg como mínimo; en situaciones de poco desgaste, puede ser necesaria una mayor sensibilidad.

7. Descripción de equipos

El proceso de nitrocarburation es un proceso de, relativamente, fácil implantación si lo comparamos con otros procesos de tratamiento superficial.

La línea de producción está dividida en módulos o fases, lo que mejora aspectos como la seguridad en el proceso, el consumo de energía y la facilidad de manejo.

Para la elección de los equipos, tanto los que irán en la planta como para los que irán en el laboratorio se tomará en consideración los siguientes puntos:

- El tratamiento en cuestión se aplica solamente a piezas que van a estar bajo condiciones de alta fricción, desgaste y corrosión. Estas piezas no suelen tener gran tamaño.
- Una línea de producción es capaz de realizar, aproximadamente, 12 lotes de piezas. En tres turnos de 8 horas, lo que equivale a un día. (Ver: Anexo I)
El número de líneas es igual al número de hornos de nitrocarburation disponibles en la instalación.
- El número de piezas por lote de producción dependerá del tamaño y geometría de las piezas, siempre teniendo en cuenta que la disposición de las piezas dentro del horno y en cualquier etapa del proceso debe ser tal que no haya contacto entre las superficies de las piezas tratadas, ya que eso comprometería el resultado final.
- El tratamiento de los residuos sólidos (lodos) procedentes de los hornos y residuos líquidos procedentes de las cubas de desengrase y de los hornos, será subcontratado a empresa gestora. Por lo que no se contempla la instalación de una zona de tratamiento de residuos. Habrá una zona de almacenaje de los residuos anexo a la nave.
- Los equipos deben cumplir la normativa y los requerimientos técnicos del proceso.

7.1. Instalaciones relacionadas al proceso, control y movimiento de lotes.

Cuba de desengrase

Dimensiones

Largo: 4 m

Ancho: 1,5 m

Altura: 1,5 m

Nº de unidades necesarias: 1

Construida a base de chapa laminada de 6 mm de espesor, reforzada a base de costillares y cuadernas de perfiles laminados.

1 grupo motobomba centrífugo, horizontal en construcción de inoxidable con cierre mecánico y un caudal de 30 m³/h. Este grupo motobomba sirve tanto para una recirculación así como para el calentamiento del baño a su paso por la caldera.

El conjunto de tuberías, válvulas, soportes, etc. para el mencionado circuito será en acero al carbono.

Cuba de lavado

Dimensiones

Largo: 4 m

Ancho: 1,5 m

Altura: 1,5 m

Nº de unidades necesarias: 6

Construida a base de chapa laminada de 6 mm de espesor, reforzada a base de costillares y cuadernas de perfiles laminados.

Para el lavado se necesitarán seis cubas. Cinco de ellas para el lavado con agua y una tercera para el lavado con agua desmineralizada.

Cuba de enfriado

Dimensiones

Largo: 4 m

Ancho: 1,5 m

Altura: 1,5 m

Nº de unidades necesarias: 1

Construida a base de chapa laminada de 6 mm de espesor, reforzada a base de costillares y cuadernas de perfiles laminados.

Para el enfriamiento se utilizará agua a temperatura ambiente.

Cuba de aceitado

Dimensiones

Largo: 4 m

Ancho: 1,5 m

Altura: 1,5 m

Nº de unidades necesarias: 1

Construida a base de chapa laminada de 6 mm de espesor, reforzada a base de costillares y cuadernas de perfiles laminados.

Cabina de arenado

Dimensiones

Largo: 5,5 m

Ancho: 3 m

Altura: 3 m

Nº de unidades necesarias: 2

- Equipos de chorreo: Mangueras de chorreado, boquilla de caburo de silicio y manija de control neumático.
- Recuperador de arenas: Habrá áreas en el suelo donde se pueda colar la arena, que se recogerá y se reciclará.
- Sistema de ventilación e iluminación.

Es necesario que se pueda arenar con presiones entre 2 a 6 bares.

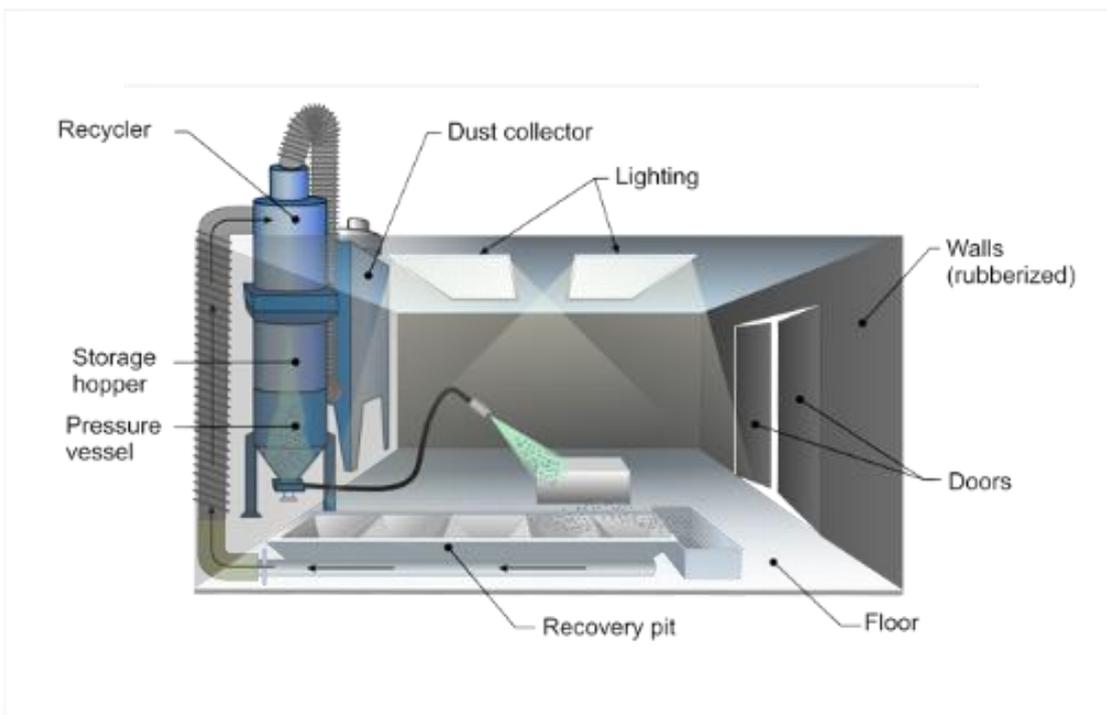


Figura 8. Cabina de arenado⁷

Horno precalentamiento

Dimensiones interiores

Diámetro: 1,60 m

Altura: 2,5 m

Volumen: 5 m³

Dimensiones exteriores

Diámetro: 2,9 m

Altura: 3,8 m

Nº de unidades necesarias: 3

Rango de temperatura de trabajo: 150 – 800 °C

Cumple con la norma AMS2750E⁸ que establece los requisitos pirométricos para equipos de procesamiento térmico utilizados para el tratamiento térmico.

Horno de sales

Dimensiones interiores

Diámetro: 1,60 m

Altura: 2,5 m

Volumen: 5 m³

Dimensiones exteriores

Diámetro: 2,9 m

Altura: 3,8 m

Nº de unidades necesarias: 3

Rango de temperatura de trabajo: 150 – 700 °C

El horno se calienta eléctricamente, con una potencia de calentamiento de 225 kW. Hay tres zonas equipadas para el calentamiento.

Cumplimiento con la norma AMS2750E que establece los requisitos pirométricos para equipos de procesamiento térmico utilizados para el tratamiento térmico.

La uniformidad de la temperatura se define como la desviación máxima de temperatura en el espacio de trabajo del horno. Existe una diferencia general entre la cámara del horno y el espacio de trabajo. La cámara del horno es el volumen total disponible en el horno. Cumpliendo con la norma DIN 17052-1 habrá una uniformidad en el baño de sales de hasta +/- 5 °C.

La tecnología de seguridad del horno cumple con la norma UNE-EN 60519-2⁹, referente a la seguridad en instalaciones electrotérmicas, y dispone de limitador de sobret temperatura con rearme manual en la cámara del horno para evitar condiciones peligrosas para el horno o el personal.

El control se lleva a cabo por autómatas programables, siendo prioritario el control del baño de sales y la temperatura.

En la Figura 8 se ven representados los siguientes elementos:

1. Mezclador
2. Cubierta ligera
3. Refuerzo
4. Elementos de calentamiento
5. Aislamiento

6. Caparazón
7. Salida del agua de refrigeración
8. Entrada del agua de refrigeración
9. Accionamiento mecánico para apertura de la tapa

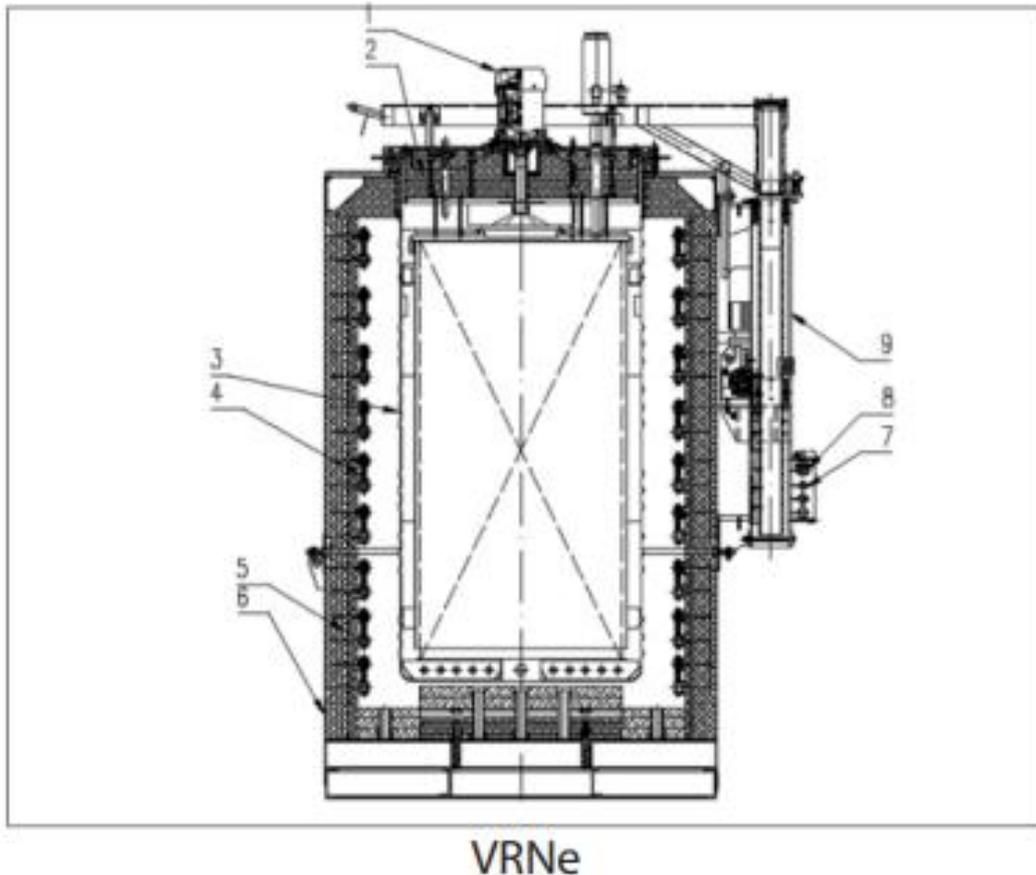


Figura 9. Representación gráfica del horno de sales.¹⁰

Campana extractora de gases y humos

Dimensiones área de trabajo

Largo: 4 m

Ancho: 1,5 m

Altura: 1,5 m

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Caudal de aire: $Q= 1 \text{ m}^3/\text{h}$
- Velocidad de captación: $V_a= 0,25 - 0,5 \text{ m/s}$
- Velocidad de transporte: $V_c= 12 \text{ m/s}$

La campana se instalará arriba de la cuba de enfriamiento. Debido a que las piezas al del horno de oxidación llevan restos de las sales que componen los baños, estas sales pueden evaporarse y son productos tóxicos.

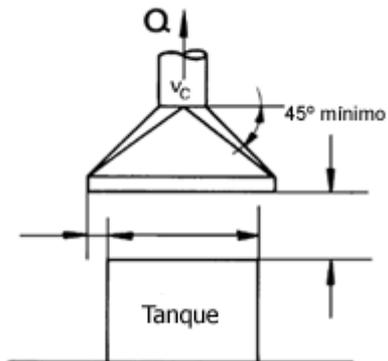


Figura 10. Campana de captación de vapores

Puente grúa

Dimensiones

Luz: 21 m

Altura: 10 m

Carga máxima: 50 t

Nº de unidades necesarias: 2

Velocidad de traslación de la grúa: 20 m/min

El sistema de grúas es de tipo birraíl. No dispone de pasarela en la grúa, ni cabina de conductor. La tensión de funcionamiento de 400 V a 50 Hz. El diseño debe cumplir con la norma DIN 15018-3¹¹.

La velocidad máxima del polipasto será de 3.5 m/min.

Tablero de comando, montado dentro de un gabinete con contactor general, un transformador 380/24 V, cuatro contactores para los cuatros movimientos, fusibles y borneras.

El sistema de comando será desde piso con botonera de 24 V.

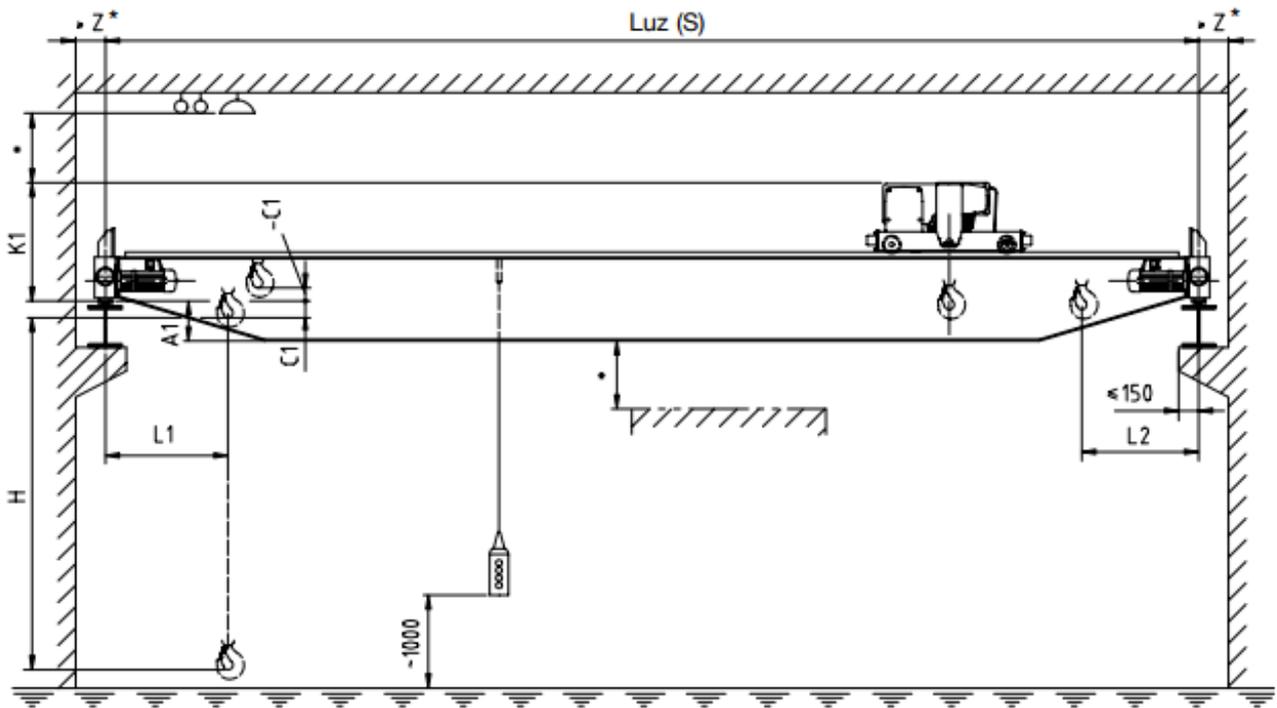


Figura 11. Representación gráfica del puente grúa¹²

Armario de maniobra, control, regulación y registro automático de temperaturas

Dimensiones interiores

Longitud: 1,0 m

Ancho: 0,55 m

Altura: 2,0 m

Armario metálico provisto de los siguientes aparatos y elementos principales:

- 2 reguladores automáticos de temperatura "HONEYWELL" tipo VDC-300-graduación 0-800°C-control PID.
- 4 reguladores automáticos de temperaturas "HONEYWELL" tipo CL-graduación 0-1.000°C-control TN.
- 2 termopares acodados Ni.Cr. de 500x500 mm. con protección especial de acero.
- 4 termopares rectos Ni.Cr. de 750 mm. con protección especial de acero inoxidable.
- Cables de compensación, lámparas de señal, interruptor de mando, con circuitos y relés auxiliares.

Para la alarma con perforación del crisol:

Con circuitos, lámparas de señal, interruptor selector de mando, transformador, pulsador de mando y bocina de alarma.

Con circuitos, contactores inversos con relés térmicos, lámparas de señal, interruptores selectores de mando y pulsadores de mando doble.

Para la tensión de mandos:

Con circuitos y transformador II.

Cableado, regletas, etc.

7.2. Equipos relacionados al control de calidad.

A continuación se describen los equipos que serán utilizados para el control de calidad y para otras mediciones necesarias para el análisis del proceso y los resultados obtenidos. Se instalarán en el laboratorio de área 6x6m².

Balanza

Dimensiones plato

Diámetro: 118 mm

Dimensiones carcasa

Longitud: 182 mm

Ancho: 235 mm

Alto: 75 mm

Nº de unidades necesarias: 2

Especificaciones técnicas de medición:

- Campo de pesaje [Max]: 420 g
- Lectura [d]: 0,001 g
- Reproducibilidad: 0,001 g
- Intervalo de estabilización [s]: 3 s
- Desviación sensible [°C]: 2×10^6

Especificaciones técnicas de verificación:

- Valor de verificación [e]: 10 mg
- Carga mínima: 20 mg

Cómputo de piezas

- Peso mínimo de pieza: 1 mg
- Número de piezas de referencia: 10, 30, 50, 100

Condiciones ambientales

- Temperatura admisible: 10°C - 30°C
- Humedad de aire admisible: 80%

Microdurómetro

Dimensiones

Ancho: 250 mm

Profundidad: 520 mm

Altura: 670 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Capacidad de prueba:

- Vertical 130mm
- Horizontal 130mm

Carga principal: 0,01 - 0,025 - 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,5 - 1 - 2kgf

Objetivos: 5x, 10x y 50x

Es un equipo de mesa que permite realizar mediciones de dureza en escalas Vickers y Knoop, utilizando tecnología digital ocular. El equipo debe cumplir las normas internacionales, por ejemplo, ISO 6507¹³, ISO 4545¹⁴ y ASTM E384.

Cámara de niebla salina

Dimensiones interiores

Longitud: 775 mm

Ancho: 500 m

Altura: 800 mm

Dimensiones exteriores

Longitud: 1460 mm

Ancho: 650 m

Altura: 1240 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Las cámaras de niebla salina permiten realizar pruebas de corrosión. Es un equipo de laboratorio que puede reproducir con repetibilidad condiciones ambientales corrosivas (ambiente marino) según normas las internacionales.

Está hecha de poliéster reforzado en doble pared con carrocería exterior. La tapa superior de la cámara, también está hecha de poliéster reforzado con aislación térmica. Un ventilador colocado entre la parte inferior entre los 2 paredes permite garantizar la homogeneidad del ambiente. La difusión de la niebla salina se hace por un atomizador normalizado y montado con el tanque inferior que contiene la solución salina.

El sistema de control del equipo debe incluir:

- Interruptor principal
- 2 reguladores electrónicos de temperatura (saturador y cámara)
- 1 regulador para la doble pared
- 2 sensores de seguridad de temperatura para la doble pared y el saturador
- 1 manómetro
- 1 válvulas de control de presión de aire.
- Resistencia en acero inoxidable para el Calentamiento de agua
- Cartucho "Poral" en acero inoxidable filtrado para la difusión del aire y humedad
- Regulador de presión para ajustar el flujo de aire y la presión
- Válvula para purga el ambiente salina antes de abrir la tapa
- Filtros de protección del saturador

Campana extractora de gases y humos

Dimensiones área de trabajo

Longitud: 1300 mm

Ancho: 600 m

Altura: 1200 mm

Dimensiones exteriores

Longitud: 1500 mm

Ancho: 800 m

Altura: 1500 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Intensidad de luz fluorescente 780 Lux

Potencia 0,025 kW

Conexión eléctrica monofásica

Peso 193 kg

Está fabricada con acero electro galvanizado. Resvestida de polvo epoxi-poliéster para proporcionar resistencia a los químicos, a la abrasión y el clima.

Perfilómetro

Dimensiones

Longitud: 149 mm

Ancho: 67 mm

Alto: 29 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Parámetros: RA, rz, RQ, RT
- Rango de mediciones

- RA, RQ: 0.05 ~ 10.00 μm
- RZ, RT: 0.020 ~ 100.0 μm
- Precisión: $\pm 10\%$
- Sensor:
 - Tipo inductancia
 - Radio de la punta de prueba: 10 μm
 - Material de la sonda: Diamante
 - Carrera máxima de conducción: 17,5 mm
- Condiciones de funcionamiento: Temperatura: 0 ~ 50 8451 humedad: <80% Rh

Equipo manual para el análisis de la rugosidad.

Tribómetro

Dimensiones exteriores

Longitud: 850 mm

Ancho: 500 m

Altura: 500 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Velocidad de rotación: 1 a 500 rpm
- Par máximo: 450 Nmm
- Fuerza de fricción (sensor LVDT): hasta 10N
- Dimensiones máximas del disco: $\varnothing 60$ mm
- Espesor máximo del disco: hasta 15 mm
- Carga máxima: 60 N

Es un equipo de mesa que permite realizar mediciones de fricción y desgaste a muestras de diferentes tamaños. La adquisición de datos se hace mediante un software controlado por un PC, que hace posible la visualización de datos gráficos, coeficientes de fricción y desgaste. El equipo debe cumplir las normas internacionales.

Embutidora

Dimensiones

Longitud: 660 mm

Ancho: 311 mm

Alto: 524 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Funcionamiento electrohidráulico
- Presión: 80 – 300 bar rango de presión operativa +/- 10%

Cortadora

Dimensiones

Longitud: 686 mm

Ancho: 864 mm

Alto: 1041 mm

Dimensiones cámara de corte

Longitud: 203 mm

Ancho: 558 mm

Alto: 314 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Consumo de energía: 4,0 kW
- Potencia del motor: 3,7 kW
- Panel de control 175mm diagonal: 320x240 píxeles
- Movimiento de viaje Z-Axis:150 mm; Eje Y: 260 mm; Eje X: 70 mm
- Velocidad de avance del eje Y automático: 0.1-2.5 mm/s
- Tamaño de la ventana 355 x 300 mm
- Diámetro abrasivo de la rueda y cenador máximo 305 mm y 32 mm
- Diámetro máximo de corte 110mm
- Velocidad de la rueda de corte: 2600 rpm
- Torsión de la rueda de corte 14 Nm

Pulidora

Dimensiones

Longitud: 787 mm

Ancho: 539 mm

Alto: 755 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Diámetro de piedra de moler: 305 mm
- Diámetro máximo del porta muestras: 184 mm
- Amperaje: 7,6 – 13,2 A
- Voltaje 5,6 kW
- Nivel de ruido: 71 dB
- Velocidad de la piedra: 1600 rpm

Microscopio óptico

Dimensiones

Longitud: 379,5 mm

Ancho: 190 mm

Alto: 276,5 mm

Nº de unidades necesarias: 1

Especificaciones técnicas:

- Revólver: Quíntuple
- Tubo: Binocular, inclinado 30°
- Lámpara: halógeno de 12 V 100 W
- Objetivo: 4x, 10x, 40x y 100x
- Enfoque manual coaxial grueso/fino (Lectura fina mínima: 1 μ m)

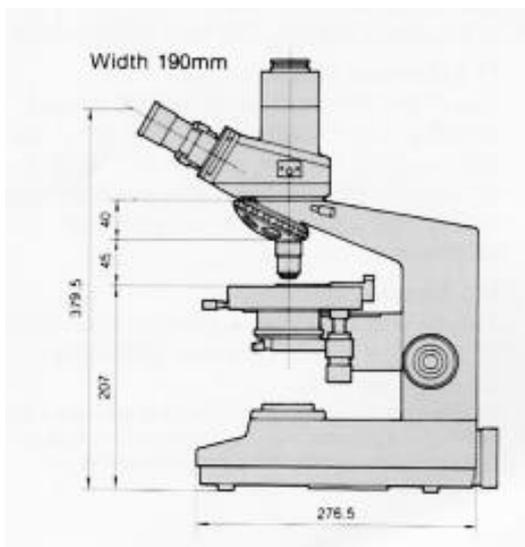


Figura 12. Microscopio óptico

Bibliografía

Pye, D., "*Practical nitriding and ferritic nitrocarburing*", ASM International (2003).

Bellas Muiño, L. "*Nitrocarburation mediante el proceso TENIFER®QPQ de aceros inoxidables austeníticos estabilizados: caracterización química y estudio de su comportamiento frente al desgaste y la corrosión*" (Tesis doctoral), Universidad da Coruña (2015)

Dr. Joachim Boßlet, "*Tufftride®-QPQ®-Process*", Hef-durferrit

Dossett, J. y Totten, G.E., "*Steel Heat Treating Fundamentals and Processes*", AMS Handbook, Volumen 4ª (2013)

Champion, F., "*Ensayos de corrosión*" Urmo S.A. de Ediciones (1976).

https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/03_12_2007_8124_Nitriranje.pdf

<http://www.nitriersalze.com/en/salt-bath-heat-treatment/heat-treatment-salts/nitrocarburing.html>

http://ionheat.com/wp-content/uploads/2016/10/articulo_procesos_plasma_.pdf

<http://www.trateriber.es/pdf/Nitruracion.pdf>

[https://www.ferronova.com/international/web/lq/fer/likelqfer.nsf/repositorybyalias/training_nitr/\\$file/Nitr3.pdf](https://www.ferronova.com/international/web/lq/fer/likelqfer.nsf/repositorybyalias/training_nitr/$file/Nitr3.pdf)

<https://www.youtube.com/watch?v=DkC68B2NyUk>

<https://www.buehler.com/Spanish/>

Hornos:

<https://www.secowarwick.com/wp-content/uploads/2017/03/ATM-Zero-Flow-technical6.pdf>

<https://www.lindbergmph.com/heat-treat-furnaces/pit-furnaces/lindberg-rod-overbend-pit-furnace>

http://www.nabertherm.com/produkte/thermprozessstechnik/thermalprocesstechnolog_y_english.pdf

Arenado:

<http://www.nortonsandblasting.com/Norton%20Pre-Engineered%20Blast%20Rooms%20Brochure.pdf>

<http://www.nortonsandblasting.com/nsbblastroom.html>

<https://www.empire-airblast.com/products/blast-rooms/pre-engineered-blast-booths-peb/>

Puente grúa:

<http://www.abusgruas.es/gruas/puentes-grua/puentes-grua-birrailes>

Microdurometro:

<http://www.worldoftest.com/digital-micro-shore-durometer-hpe-type-mam>

Camara de niebla salina:

<http://www.boustens.com/camara-climatica-niebla-salina-ensayo-corrosion/>

Tribometro:

<https://www.anton-paar.com/corp-en/products/details/pin-on-disk-tribometer-trb/>

<https://www.bruker.com/products/surface-and-dimensional-analysis/tribometers-and-mechanical-testers/umt-tribolab/overview.html>

Camara extractora:

<http://www.kossodo.com/pdf/Campana-Extractor-Gases-FrontierDuo.pdf>

Campana de extracción:

<http://www.solerpalau.es/es-es/hojas-tecnicas-campanas-de-extraccion/>

Microscopio óptico:

https://www.upc.edu/sct/en/documents_equipament/d_150_id-602.pdf

¹ ASM Handbook, Volume 4A, Steel Heat Treating Fundamentals and Processes; J. Dossett and G.E. Totten, 2013

² Durferrit GmbH, 2009.

³ Hef Durferrit: <http://www.nitriersalze.com/en/>

⁴ http://www.hefusa.net/salt_bath_nitriding_liquid_nitriding/clin_process_steps.html

⁵ http://www.burlingtoneng.com/corrosion_resistance.html

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Quench_polish_quench

⁷ <http://www.canablast.com/en/produit/chambre-de-sablage-msw1200/>

⁸ <http://standards.sae.org/ams2750e/>

⁹ <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0038707>

¹⁰ SECO/WARWICK S.A. <https://www.secowarwick.com/wp-content/uploads/2017/03/ATM-Zero-Flow-technical6.pdf>

¹¹ <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nam/standards/wdc-beuth:din21:1152836>

¹² http://www.abusgruas.es/download/53fd8fecac31126b3aae8a9f90f2fe41/informacion_puentes_grua_abus.pdf

¹³ <https://www.iso.org/standard/37746.html>

¹⁴ <https://www.iso.org/standard/37735.html>



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2017/18**

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

Grado en Ingeniería Mecánica

**ANEXO I
CÁLCULO ESTIMADO DE LA PRODUCCIÓN**

Índice

1.	Capacidad productiva.....	1
2.	Turnos de trabajo	1
3.	Fases del proceso.....	2
4.	Capacidad del horno de nitruración.....	3
5.	Disposición de los lotes durante el proceso productivo	3
6.	Estimación de la capacidad productiva.....	12

1. Capacidad productiva

La finalidad de este proyecto es la implantación del proceso de nitrocarburation en una nave industrial, para el tratamiento de piezas de acero de tamaño pequeño y mediano destinadas a diferentes sectores industriales, destacando el sector de la automoción y el naval.

Para la selección de todos los equipos que serán utilizados durante el proceso, sus dimensiones, el número de equipos en cada fase y la disposición de los mismos dentro de la nave, es necesario tener en consideración cual es la producción que se busca conseguir en las instalaciones.

Debido a los costes de instalación y de funcionamiento del proceso son relativamente elevados, es necesario que la producción sea significativa y que el volumen de producción pueda justificar estos costes y generar beneficios para la empresa. Se considera que la producción anual deberá alcanzar, como mínimo, el siguiente valor:

Producción objetivo:
 47×10^3 Tn/año

En el presente anexo se discutirán las variables que influyen en el volumen de la producción y se harán los cálculos, de manera estimada, para determinar si con unas condiciones determinadas de funcionamiento se puede alcanzar los objetivos impuestos.

Además, para el tipo de empresa en cuestión, el nivel de producción que se requiere en la planta depende del número de pedidos que necesita atender. Por esta razón, se calculará dos hipótesis:

- Bajo volumen de pedidos. Valor mínimo de la producción.
- Alto volumen de pedidos. Valor máximo que se puede alcanzar con los equipos disponibles

2. Turnos de trabajo

La producción de la fábrica se realizará durante seis días a la semana y no se trabajará en festivos nacionales. Aproximadamente, en un año habría 301 días laborables.

La fuente de alimentación para el funcionamiento de los hornos es la energía eléctrica y eso se traduce en un alto consumo eléctrico y un gran coste de funcionamiento. Además, el encendido de los hornos de sales y su puesta en funcionamiento llevan varias horas, entre 7 y 8 horas, estas horas corresponden a la fusión de las sales y la estabilización y homogenización de la temperatura dentro del horno.

Por lo tanto, con el objetivo de optimizar los costes energéticos y los tiempos del proceso, la planta operará de forma continua durante los seis días que se trabaje en la semana. Y la producción se dividirá en tres turnos de trabajo durante el día.

El primer turno de trabajo después de la parada semana de un día o después de los festivos, corresponderá al encendido y puesta en marcha de los hornos.

La jornada de trabajo dependerá del convenio colectivo vigente, para los cálculos se estimará que será de 7 horas y 45 minutos.

3. Fases del proceso

A continuación se listan las fases de la que consta el proceso por orden y los tiempos de permanencia de los lotes en cada fase. Los tiempos pueden variar según el tipo de acero, según los objetivos del tratamiento y el espesor de la capa superficial que se desea conseguir.

Fase del proceso de producción	Tiempo (min)
Colocación de las piezas	10
Arenado 1	20
Desengrase	20
Lavado 1 (Agua)	5
Lavado 2 (Agua)	5
Lavado 3 (Agua desmineralizada)	5
Secado 1 (Aire comprimido)	10
Precalentamiento (Aire 400º)	30
Nitrocarburation (horno de sales TF1)	90
Oxidación 1 (horno AB1)	20
Enfriamiento 1 (Agua)	10
Lavado 4 (Agua)	10
Lavado 5 (Agua)	10
Lavado 6 (Agua)	10
Secado 2 (Aire comprimido)	10
Arenado 2	15
Oxidación 2 (horno AB1)	10
Enfriamiento 2 (Agua)	10
Lavado 7 (Agua)	10
Lavado 8 (Agua)	10
Lavado 9 (Agua)	10
Secado 3 (Aire comprimido)	10
Aceitado	5
Total	345 minutos

4. Capacidad del horno de nitruración

La estancia del lote en el horno de nitrocarburation es la etapa del proceso productivo de mayor duración. Además, es el principal condicionante en relación al volumen máximo que pueden tener los lotes.

Se utilizarán hornos de sales de atmósfera controlada de las siguientes dimensiones internas:

- Diámetro: 1600 mm
- Altura: 2500 mm

Se tomará como volumen efectivo medio del horno el 35% del volumen interior del horno, eso se debe a que el contacto entre las piezas y el contacto entre las piezas y las paredes del horno debe ser mínimo y que se colocan los lotes en bastidores.

$$V_{ef} = 0,35 \times 5 = 1,75 \text{ m}^3$$

Se instalarán tres líneas de horno. El número de líneas que se utilizarán simultáneamente, dependerá del volumen de producción necesario en cada momento.

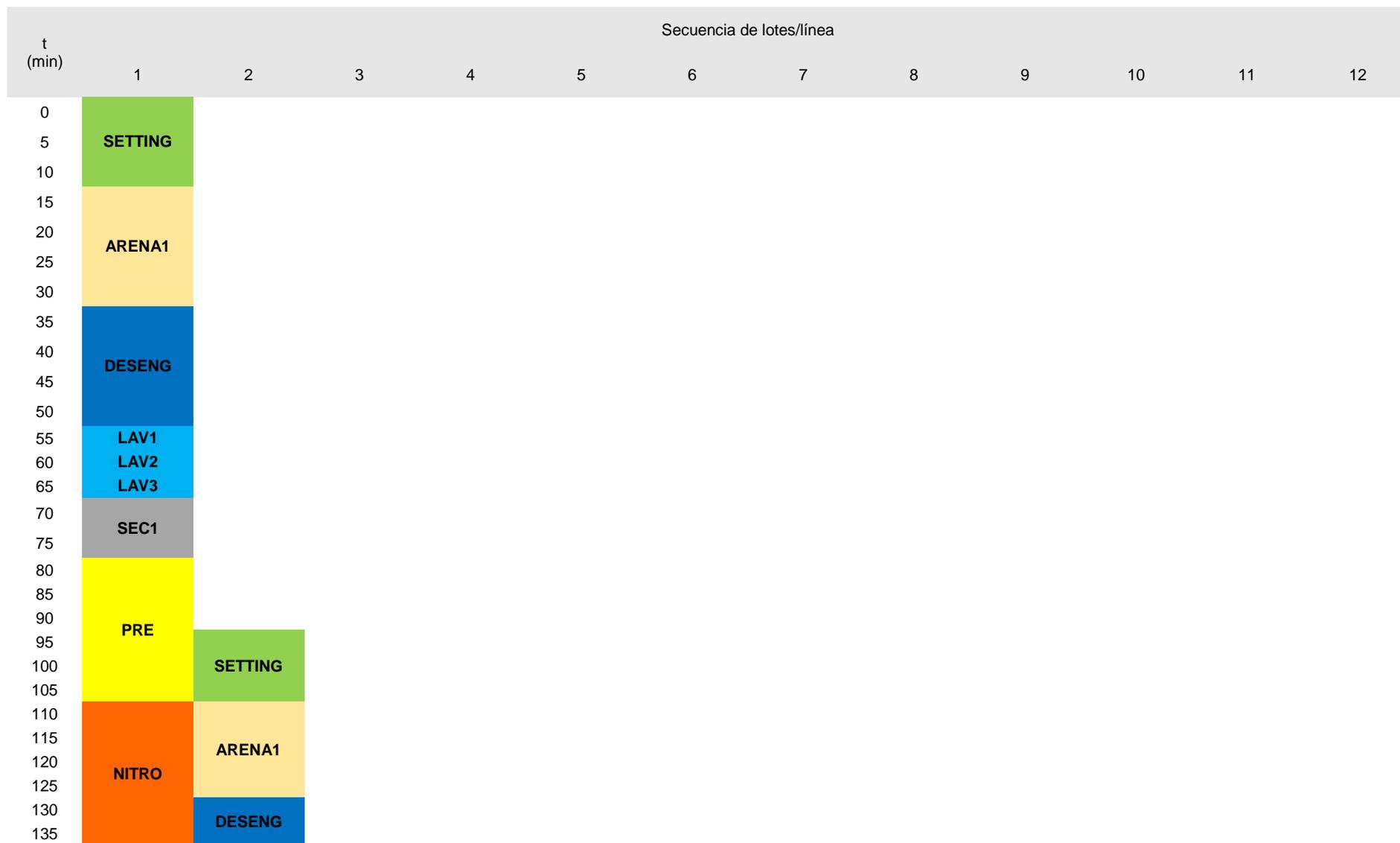
Se considera que con la variación en la demanda productiva, es oportuno variar únicamente el número de líneas en funcionamiento y mantener siempre constante el número de turnos de trabajos, debido al impacto social, que causaría una variación en el número de empleados en la plantilla.

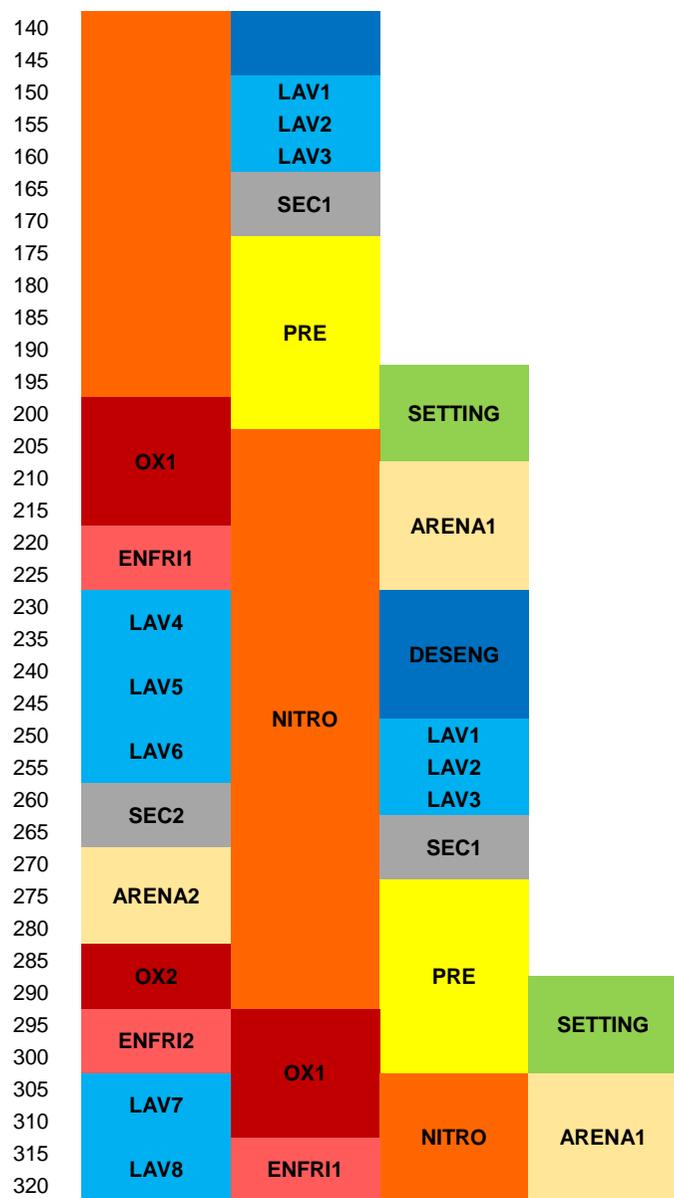
5. Disposición de los lotes durante el proceso productivo

Para realizar disposición de los lotes y su entrada en el proceso es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Las etapas no se deberán solaparse.
- El paso de los lotes del horno de nitrocarburation al horno de oxidación no deberá coincidir los cambios de turno. El paso de un horno a otro no puede superar 10 diez minutos, ya que el contacto de las piezas con el aire durante mucho tiempo puede comprometer la calidad del resultado final.
- La retirada de los lotes del horno de nitrocarburation no deberán coincidir con los cambios de turno ya que es una etapa crítica del proceso.

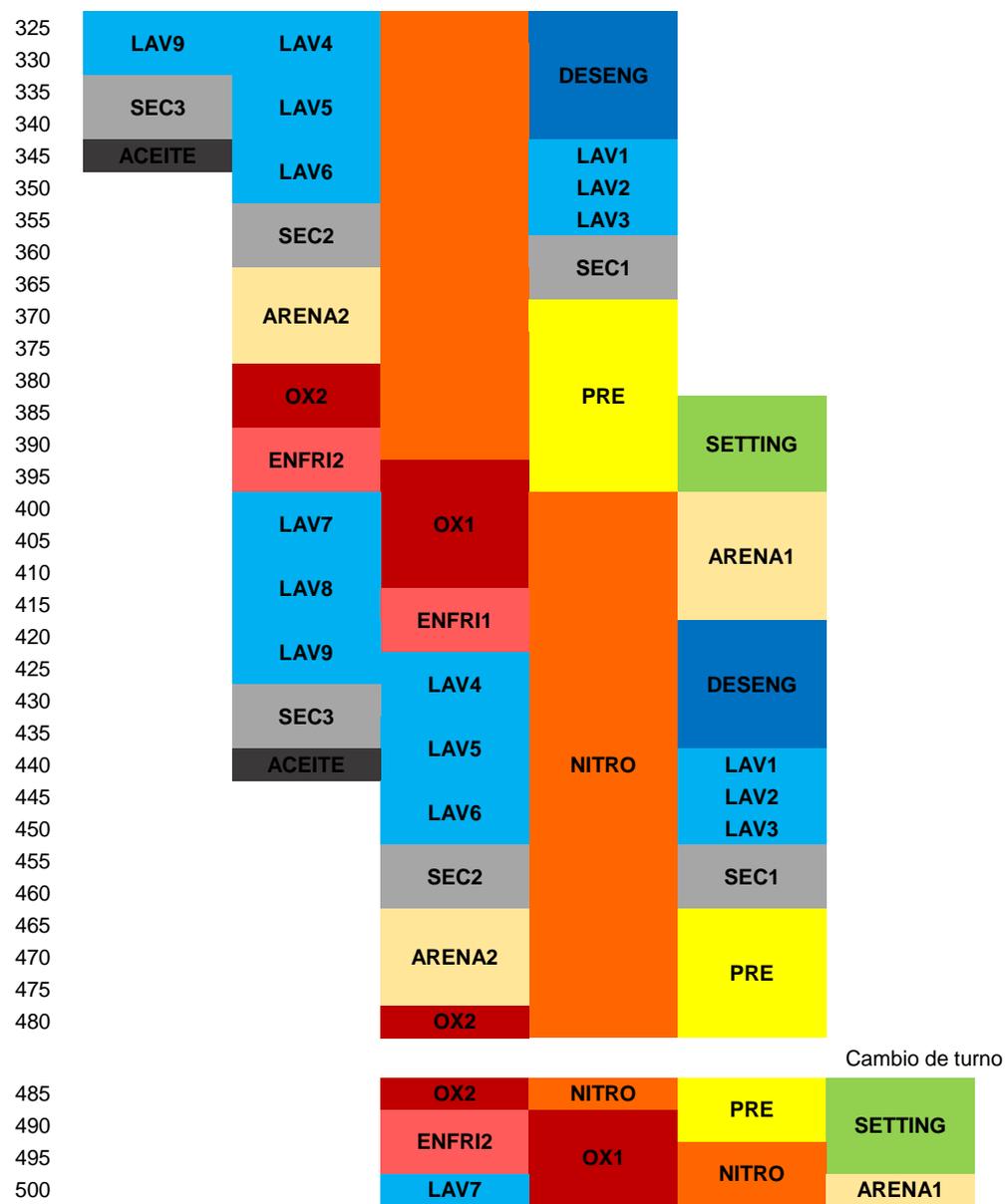
La siguiente distribución corresponde a los días en los que los hornos ya están encendidos. En los días en que sí es necesario su encendido, se realizarán 9 lotes por línea y no 12 como se representa en la tabla.

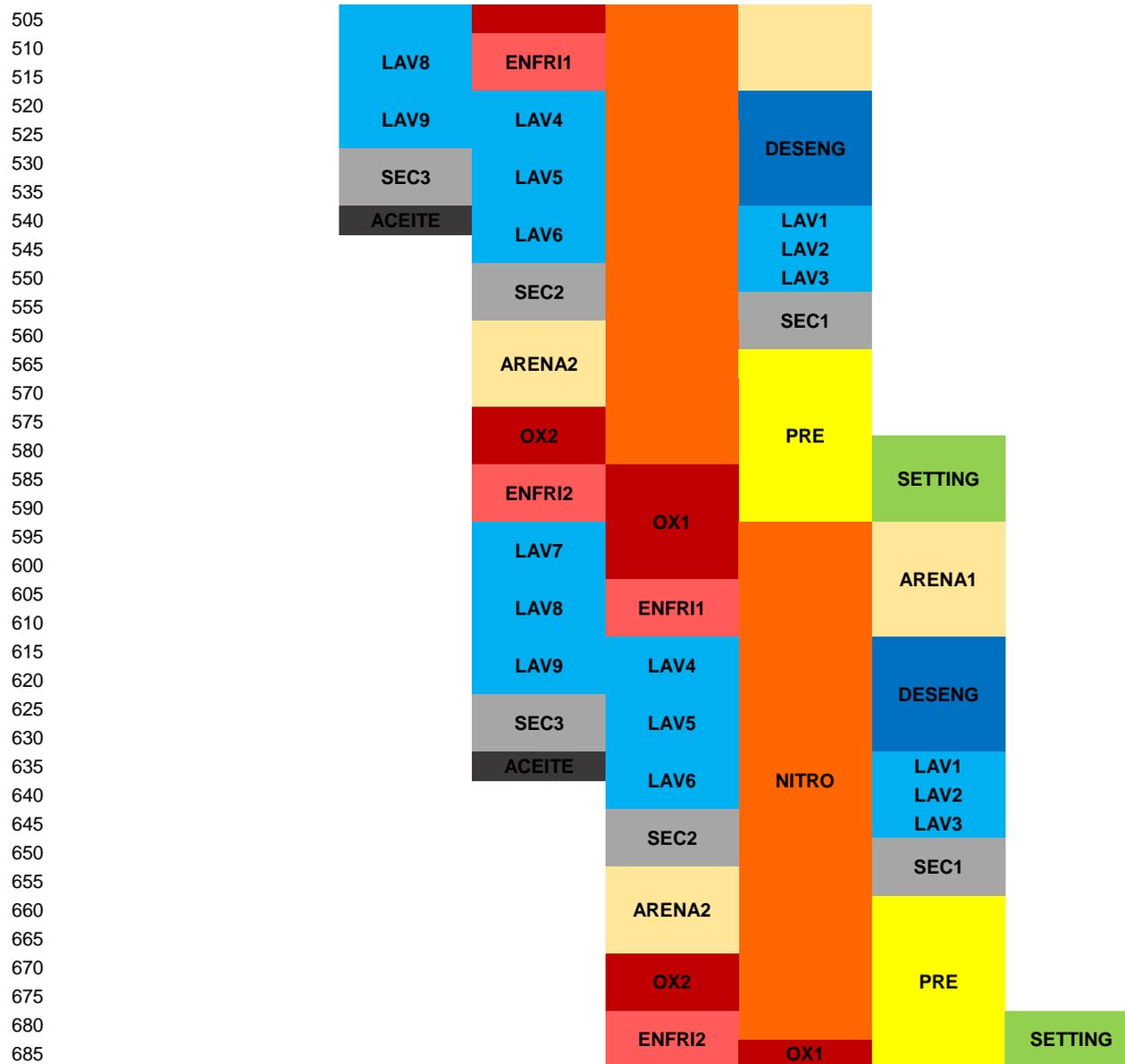




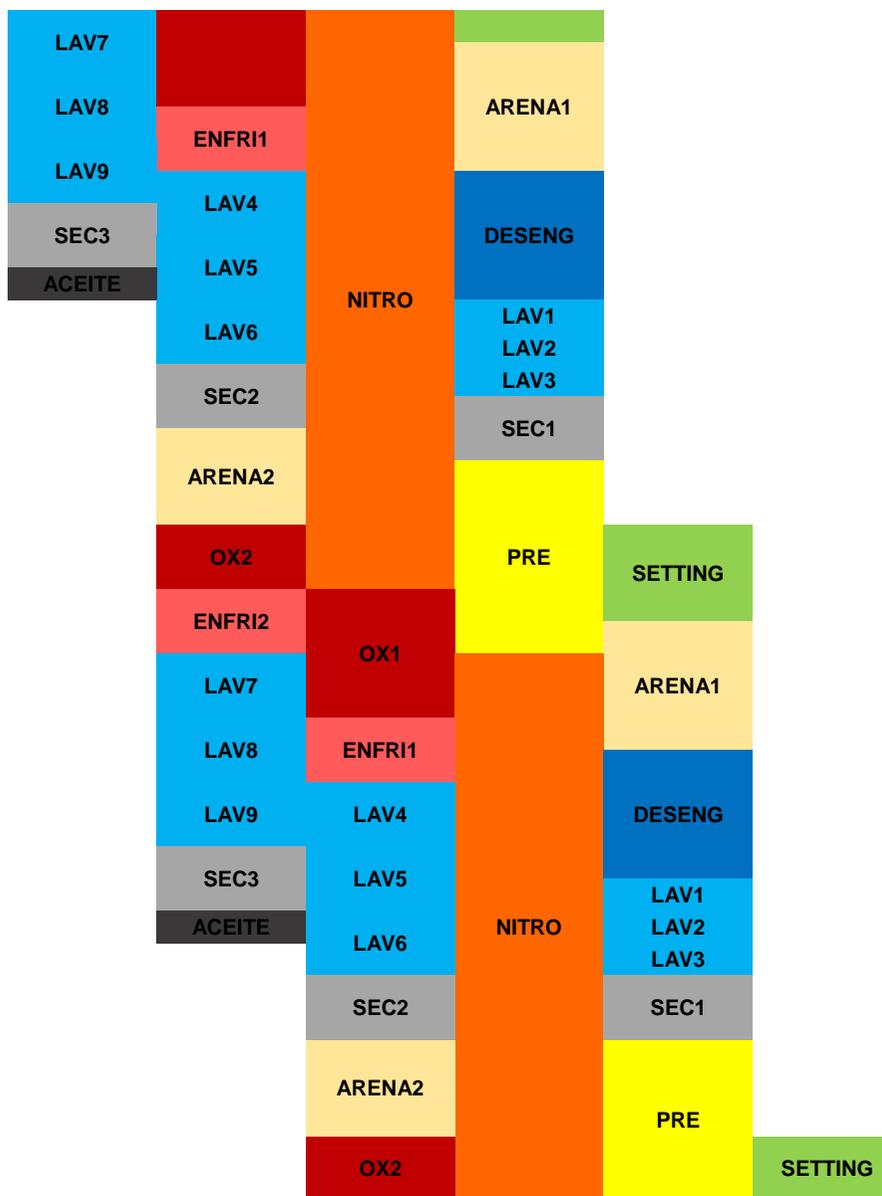
Proceso de nitrocarburation líquida de aceros
ANEXO I – Cálculo estimado de la producción

Olga Silva De Carvalho

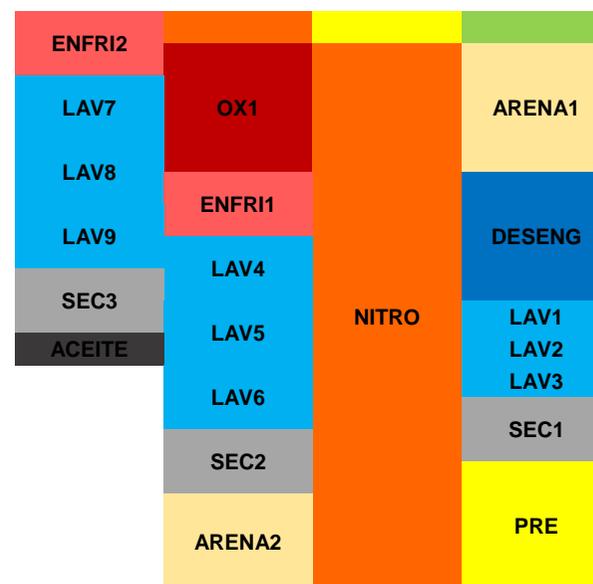




690
 695
 700
 705
 710
 715
 720
 725
 730
 735
 740
 745
 750
 755
 760
 765
 770
 775
 780
 785
 790
 795
 800
 805
 810
 815
 820
 825
 830
 835
 840
 845
 850
 855
 860
 865
 870

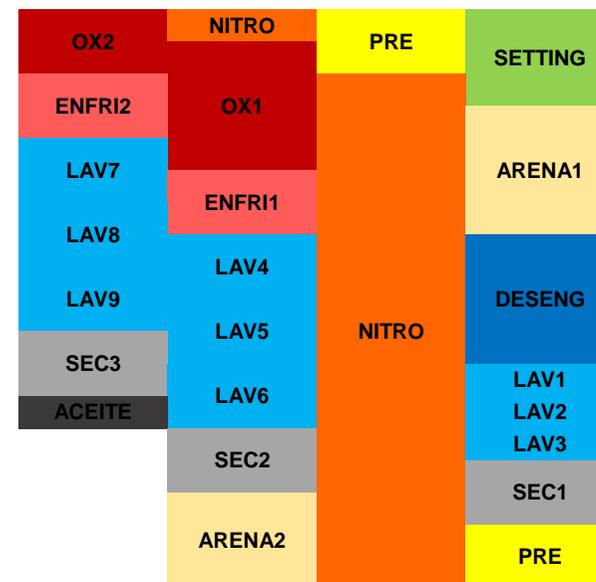


875
 880
 885
 890
 895
 900
 905
 910
 915
 920
 925
 930
 935
 940
 945
 950
 955
 960



Cambio de turno

965
 970
 975
 980
 985
 990
 995
 1000
 1005
 1010
 1015
 1020
 1025
 1030
 1035
 1040
 1045
 1050



1055
 1060
 1065
 1070
 1075
 1080
 1085
 1090
 1095
 1100
 1105
 1110
 1115
 1120
 1125
 1130
 1135
 1140
 1145
 1150
 1155
 1160
 1165
 1170
 1175
 1180
 1185
 1190
 1195
 1200
 1205
 1210
 1215
 1220
 1225
 1230
 1235



1240
 1245
 1250
 1255
 1260
 1265
 1270
 1275
 1280
 1285
 1290
 1295
 1300
 1305
 1310
 1315
 1320
 1325
 1330
 1335
 1340
 1345
 1350
 1355
 1360
 1365
 1370
 1375
 1380
 1385
 1390
 1395
 1400
 1405
 1410



6. Estimación de la capacidad productiva

El número de piezas por lote según su forma y sus dimensiones, por lo tanto es difícil hacer estimaciones de volumen. Por eso, para el cálculo del volumen del lote se tomará la densidad del acero dulce (mild steel), 7850 kg/m^3 . Será un valor orientativo, ya que el valor de la densidad cambiará según el acero que se utilice.

$$1 \text{ lote} = V_{ef} \times \rho_{acero} = 1,75 \text{ m}^3 \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 13737,5 \text{ kg} = 13,7 \text{ Tn}$$

Según la distribución de los lotes en la planta realizada en el aparatado anterior, se fabricará 12 lotes por cada tres turnos.

$$1 \text{ día} \rightarrow 12 \text{ lotes}$$

Por lo tanto, según la demanda de pedidos a los que la empresa debe atender, se tendrá:

- Baja demanda \rightarrow 1 línea de hornos:

$$1 \text{ línea} \times 9 \frac{\text{lotes}}{\text{día} \times \text{línea}} \times 63 \text{ días} + 1 \text{ línea} \times 12 \frac{\text{lotes}}{\text{día} \times \text{línea}} \times 238 \text{ días}$$
$$3423 \text{ lotes} \times 13,737 \frac{\text{Tn}}{\text{lote}} = 47021 \text{ Tn}$$

Producción mínima:

$$47 \times 10^3 \text{ Tn/año}$$

- Alta demanda \rightarrow 3 línea de hornos:

$$3 \text{ líneas} \times 9 \frac{\text{lotes}}{\text{día} \times \text{línea}} \times 63 \text{ días} + 3 \text{ líneas} \times 12 \frac{\text{lotes}}{\text{día} \times \text{línea}} \times 238 \text{ días}$$
$$10269 \text{ lotes} \times 13,737 \frac{\text{Tn}}{\text{lote}} = 141065 \text{ Tn}$$

Producción máxima:

$$141 \times 10^3 \text{ Tn/año}$$



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER
CURSO 2017/18**

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

Grado en Ingeniería Mecánica

**ANEXO II
ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

Índice

1.	Introducción	1
2.	Materias primas y auxiliares	1
3.	Fuentes de abastecimiento y utilización de agua	1
4.	Fuentes de abastecimiento y utilización energética.....	1
5.	Aguas residuales.....	2
6.	Residuos	2
7.	Situación de la normativa medioambiental	3
7.1.	Aguas residuales	3
7.2.	Residuos	4
8.	Recomendaciones y adecuación medioambiental	4
9.	Identificación de la problemática medioambiental	5

1. Introducción

El sector de recubrimientos metálicos presenta una importante problemática medioambiental debido a la variedad de compuestos utilizados y la toxicidad de los mismos, variedad de operaciones y un elevado consumo de agua.

En una instalación de estas características es necesaria la realización de un estudio de impacto ambiental, en el cual se realice un estudio del tipo de residuos que se generan, de forma que se puedan determinar las medidas necesarias para minimizar su impacto.

2. Materias primas y auxiliares

En primer lugar se realiza una identificación de las principales materias primas en cada una de las etapas más críticas:

- **Desengrasas:** Existen desengrasantes que utilizan compuestos, aditivos inorgánicos y tensoactivos para mejorar este proceso de limpieza superficial.
- **Nitrocarburation:** El baño consiste en cianuros que reaccionan con el aire y producen cianatos.
- **Oxidación:** El baño consiste en nitratos alcalinos y carbonatos, además de cianatos y cianuros procedentes de la nitruración.
- **Aceitado:** Aceites.

3. Fuentes de abastecimiento y utilización de agua

Las principales fuentes de abastecimiento de agua son:

- Red municipal
- Captación subterránea (pozos)

El agua es uno de los principales recursos utilizados en las empresas del sector de recubrimientos metálicos, destinándose prácticamente para las operaciones de aclarado o enjuague entre los diferentes procesos de preparación, limpieza superficial y terminación.

Los consumos más elevados está en el lavado o aclarado y, por tanto la racionalización de los enjuagues es uno de los factores claves y prioritarios que deben abordarse en este tipo de empresas.

4. Fuentes de abastecimiento y utilización energética

La fuente de abastecimiento energético es:

- Energía eléctrica

Para las empresas de nitrocarburation los hornos de sales (nitrocarburation y oxidación) son la parte del proceso que consume la mayor cantidad de energía, debido a la necesidad de mantenerlos a temperaturas entre 550 y 590 °C en el horno de nitrocarburation y alrededor de 400 °C en el horno de oxidación para que las sales estén fundidas y el horno esté operativo. La potencia consumida por cada horno es cercana a los 225 kW.

5. Aguas residuales

El vertido de aguas residuales contaminadas constituye la principal problemática medioambiental de las empresas de este sector. El uso principal del agua es en la “función de enjuague”, constituida por uno o más aclarados que producen vertido continuo.

Se debe mencionar también el vertido originado de forma puntual (discontinuo) cuando se procede a la renovación de baños agotados o contaminados (desengrasas). Este vertido es de menor importancia en cuanto al caudal, pero su repercusión es grave dada la elevada concentración de contaminantes. Este tipo de baños puede ser considerado como un residuo líquido, en vez de evacuarse a través del conductor de aguas residuales, se almacena convenientemente para ser tratado posteriormente por una empresa auxiliar.

La carga contaminante que transportan las aguas residuales se debe fundamentalmente (si desechamos fugas accidentales y derrames) a los arrastres de las piezas en los aclarados; dada la variedad de baños posibles en cuanto a componentes y concentraciones de los mismos, el resultado final es un vertido complejo con numerosos compuestos diferentes.

La optimización del consumo de agua es uno de los aspectos claves que deben optimizarse por las ventajas inmediatas que ocasiona:

- Reducir costo de abastecimiento.
- Reducir el canon de vertido.

Los parámetros principales que hacen peligrosos para el medio ambiente a los vertidos son:

- Aniones tóxicos: cianuros y nitratos procedentes de diferentes baños.
- Tensoactivos aniónicos: procedentes de los desengrasantes.
- Carga orgánica, aceites y grasas: los compuestos orgánicos procedentes de los diferentes aditivos que se añaden a los baños (humectantes, abrillantadores, nivelantes, etc.), y los aceites y grasas de los desengrasantes.

6. Residuos

Los principales residuos que podemos encontrar en este tipo de empresas, al margen de los residuos de envases son:

- Residuos de limpieza de equipos e instalaciones. Debido a derrames, goteos y contaminaciones (sobre todo en las instalaciones manuales) se producen unos residuos sólidos que son eliminados periódicamente. Estos residuos son, en muchas ocasiones, tóxicos y peligrosos debidos a su contenido en metales y otros compuestos tóxicos.
- Lodos: estos lodos se generan en el desengrase por contaminaciones o degradación de compuestos.

- Baños de concentrados: como ya se indicó en el apartado de vertidos, los baños agotados contaminados pueden considerarse como un residuo líquido y almacenarse para su traslado y tratamiento en el exterior.

A estos residuos habría que añadir los envases usados y residuos de envases de aquellas materias primas y auxiliares que son tóxicos y peligrosos tales como:

- Residuos de envases de materia prima para los hornos.
- Desengrasantes.
- Otros aditivos diversos.

7. Situación de la normativa medioambiental actual

A continuación se exponen cuáles son las principales obligaciones legislativas de carácter medioambiental, en las áreas de vertidos de aguas residuales, residuos tóxicos y peligrosos y emisiones atmosféricas, ya que es necesario un conocimiento de este entorno legislativo para cumplir con el primer objetivo de una adecuada gestión medioambiental: cumplir con todos los aspectos de la normativa vigente en materia de medio ambiente (autorizaciones administrativas, límites de emisión, controles de la contaminación, sistemas de seguridad, etc.).

7.1. Aguas residuales

El vertido de aguas residuales constituye el aspecto más relevante de la incidencia ocasionada sobre el medio ambiente por las empresas de recubrimientos metálicos. Aunque técnicamente es factible suprimir el vertido, no es viable económicamente. No obstante es posible minimizarlo hasta valores muy bajos.

La primera acción que debe acometerse para adecuarse a la legislación medioambiental en materia de vertidos, es presentar la **Declaración de Vertido**, ante el servicio de medio ambiente del Ayuntamiento al que pertenece el polígono en el que va a ir ubicada la instalación o bien ante la Consellería de Medio Ambiente.

La documentación básica requerida en la declaración de vertido, es la siguiente:

- Datos generales y características de la actividad causante del vertido.
- Descripción general del proceso de fabricación y materias primas utilizadas.
- Volumen y procedencia del agua de abastecimiento y punto de vertido.
- Descripción de las operaciones y procesos causantes del vertido.
- Descripción de los sistemas o instalaciones de tratamiento de las aguas residuales.
- Descripción de las medidas de seguridad para evitar vertidos accidentales.

El órgano competente una vez estudiada la declaración de vertido expedirá la autorización de vertido, siempre que la calidad del mismo se adapte a la normativa y pudiendo en todo caso otorgar unos plazos para la implantación progresiva de las medidas de tratamiento previstas en la declaración de vertido.

Otro aspecto a considerar es el canon de vertido. Este canon debe ser satisfecho anualmente por las actividades que contaminan a través de vertidos de aguas residuales. La cuantía de dicho canon se refleja en la autorización de vertido y en el caso de que viertan a colectores del Ayuntamiento, deben presentarse en el Área de Hacienda y Economía de dicho Organismo, la Declaración Fiscal de Vertido.

Las empresas de este sector de recubrimientos metálicos se encuentran integradas en el grupo de las de mayor potencial contaminador por vertido de aguas residuales y les corresponde por tanto, una mayor cuantía en concepto de canon de vertido.

Por tanto, disminuyendo el caudal y la carga contaminante del vertido no solo incidiremos favorablemente sobre el medio ambiente, sino que además se consigue disminuir la cuantía del canon de vertido.

7.2. Residuos

Se puede afirmar que las empresas pertenecientes a este sector generan residuos tóxicos y peligrosos, RTP y la normativa vigente en este sentido (RD 833/88) exige la autorización administrativa cuando se producen residuos de esta naturaleza. La obtención de dicha autorización requiere la presentación previa por parte del productor, de una **declaración de Residuos tóxicos y peligrosos** en el servicio de Residuos Industriales de la Consellería de Medio Ambiente.

Las empresas autorizadas para producir RTP se encuentran incluidas en un Registro de Productores de RTP al efecto, distinguiéndose dos posibilidades:

- Pequeño productor (importa o genera menos de 10000 kg/año de RTP). Registro de pequeño productor.
- Productor (importa o genera más de 10000 Kg/año de RTP). Registro de productor de RTP.

Se requiere la cumplimentación de una solicitud de inscripción en el registro y también es necesario justificar documentalmente la aceptación de los residuos por parte de un gestor autorizado de RTP.

El proceso en cuestión genera más de 10000 Kg/año de residuos tóxicos y peligrosos.

8. Recomendaciones y adecuación medioambiental

Las primeras acciones que deben emprenderse son aquellas tendentes a contrarrestar la contaminación ocasionadas por las empresas de este sector, fundamentalmente en cuanto a la contaminación por vertidos de aguas residuales y la generación de residuos tóxicos y peligrosos.

Se necesita un conocimiento y sensibilización de las empresas respecto a la incidencia medioambiental que ocasiona la actividad industrial. En general es fundamental conocer los parámetros contaminantes y la necesidad de tomar medidas para minimizar sus efectos. De igual forma la gestión medioambiental ha de ser un aspecto determinante en el conjunto de la gestión global de la empresa. La viabilidad de la misma puede verse condicionada por la decisión de abordar una gestión medioambiental acertada, orientada fundamentalmente a la minimización.

El proceso más adecuado para acercarse a la problemática medioambiental y buscar soluciones pasa por las siguientes tres grandes líneas de actuación:

- Evaluación medioambiental.
- Estudio de minimización. Implantación de planes de minimización.
- Sistema de gestión medioambiental. Auditorías ambientales.

9. Identificación de la problemática medioambiental

En la siguiente tabla se realiza una clasificación para cada una de las etapas críticas del proceso de la problemática medioambiental:

Etapas	Problemática
Desengrase	Residuos
Enfriado	Residuos
Lavado	Residuos
Nitrocarburation	Residuos
	Consumo energético
Oxidación	Residuos
	Consumo energético

A partir de esta situación y con los efectos medioambientales identificados, se hace referencia a las pautas a seguir, con objeto de paliar el impacto sobre el medio ambiente.

- La etapa de desengrase representa un problema medioambiental grave para el sector, y se deberán seguir las siguientes pautas de actuación.
 - Minimización del arrastre de aceites y grasas al baño de desengrase.
 - Prolongación de la vida de desengrase.
 - Valoración de los lodos y concentrados que contienen aceites y grasas.
- Almacenamiento correcto de las piezas y su colocación óptima de manera que no existan contactos prolongados de la superficie a tratar con el agua, evitarán que se oxiden.
- Todos los lavados, tanto después del desengrase como después de la oxidación es conveniente que sean estancos, para conseguir un ahorro de agua en el proceso.
- Trabajar, en la medida de lo posible y según el conocimiento que se tenga de los procesos, con las concentraciones más bajas posibles en los baños de sales.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2017/18**

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

Grado en Ingeniería Mecánica

**ANEXO III
MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Índice

1.	Medidas de seguridad.....	1
1.1.	Vestuario laboral.....	1
1.2.	Calzado de seguridad.....	1
1.3.	Protección facial, ocular y de la cabeza.....	2
1.4.	Protección respiratoria.....	2
1.5.	Protección auditiva.....	2
1.6.	Guantes.....	3

1. Medidas de seguridad

En el proceso de nitrocarburoción como en el resto de actividades del sector del metal, observamos numerosos riesgos que recoge la Ley de Prevención; se podría destacar los siguientes:

- Caída de objetos pesados (materia prima cargada en los hornos)
- Calor: Las enfermedades por estrés térmico constituyen un importante riesgo debido a la radiación infrarroja procedente de hornos y el metal en proceso de fusión.
- Quemaduras por proyección de sales fundidas.
- Riesgos químicos: durante el proceso de fusión existe una sobreexposición a gases y otras sustancias que son altamente dañinas para el trabajador.
- Contactos directos o indirectos con electricidad.
- Cortes por objetos móviles e inmóviles.
- Exposición a vibraciones.

Por ello, en el presente anexo se contemplará los equipos de protección individuales necesarios en el proceso en cuestión.

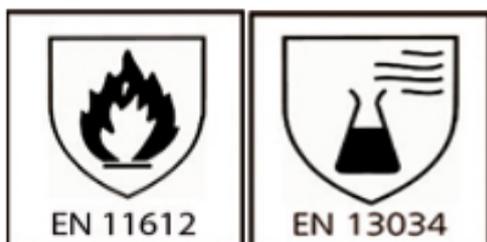
Se entenderá por equipo de protección individual, según el Real Decreto 773/1997, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

1.1. Vestuario laboral

Confeccionado con tejido ignífugo, que repela las salpicaduras y minimice la transferencia de calor, evitando que arda o se produzcan quemaduras.

Normativa aplicable:
EN ISO 11612:2015
UNE-EN 13034:2005

Pictogramas:



1.2. Calzado de seguridad

Los requisitos básicos que debe cumplir son la calidad de los materiales utilizados para su fabricación; resistencia en la punta para evitar aplastamientos por caídas de objetos; capacidad de la suela para absorber energía; suela antideslizante, aislamiento eléctrico y térmico; diseño ergonómico y facilidad de mantenimiento.

Normativa aplicable:

UNE-EN ISO 20346:2005

UNE-EN ISO 20347:2013

1.3. Protección facial, ocular y de la cabeza

Cascos y gafas protectoras frente a impactos a alta velocidad; pantalla facial para protección frente a impactos a velocidad media y protección frente a radiaciones térmicas.

Normativa aplicable:

UNE-EN 166:2002

UNE-EN 167:2002

UNE-EN 168:2002

UNE-EN 1731:2007

1.4. Protección respiratoria

Filtros de boquilla, mascarilla o máscaras en las fases del proceso donde haya partículas tóxicas disueltas en el aire o gran cantidad polvo o humos. Estas etapas serían la nitrocarburation, oxidación y arenado o pulido.

Normativa aplicable:

UNE-EN 132:1999

UNE-EN 133:2002

UNE-EN 134:1998

UNE-EN 135:1999

UNE-EN 529:2006

1.5. Protección auditiva

Orejeras protectoras del ruido o tapones, dependiendo de la intensidad y tiempo que se esté expuesto al mismo. En las fases del proceso donde se utilice aire comprimido.

Normativa aplicable:

UNE-EN 352-1:2003

UNE-EN 352-2:2003

UNE- EN 352-3:2003

UNE- EN 352-4:2001 + A1: 2006

UNE- EN 352-5:2003 + A1: 2006

UNE- EN 352-6:2003

UNE- EN 352-7:2004

UNE- EN 352-8:2008

1.6. Guantes

Deben proteger acciones mecánicas, eléctricas, térmicas y químicas.

Normativa aplicable:

UNE-EN 420:2003

UNE-EN 407:2005



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



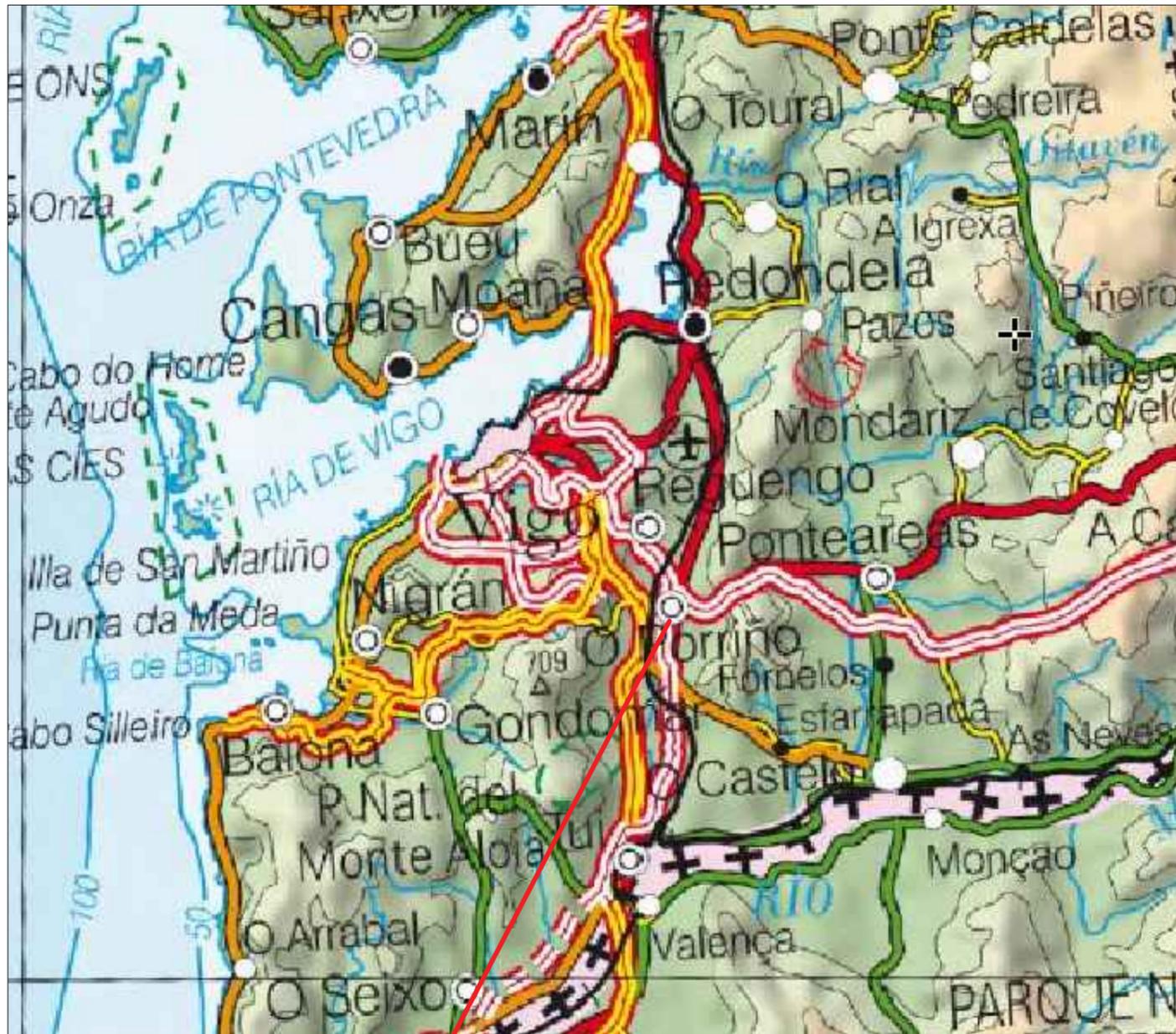
Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER
CURSO 2017/18

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

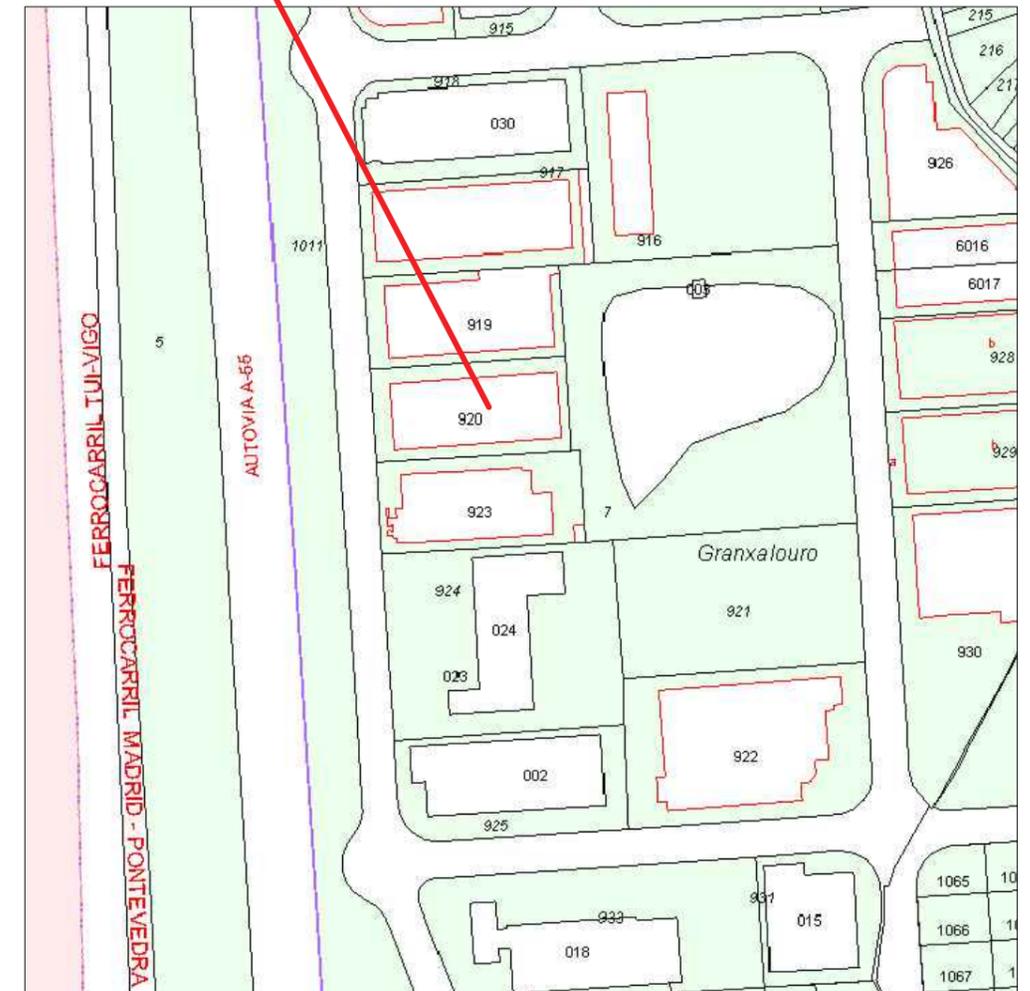
Grado en Ingeniería Mecánica

PLANOS



Situación

Parcela



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTORA: Olga Silva De Carvalho

SITUACIÓN: Polígono A Granxa

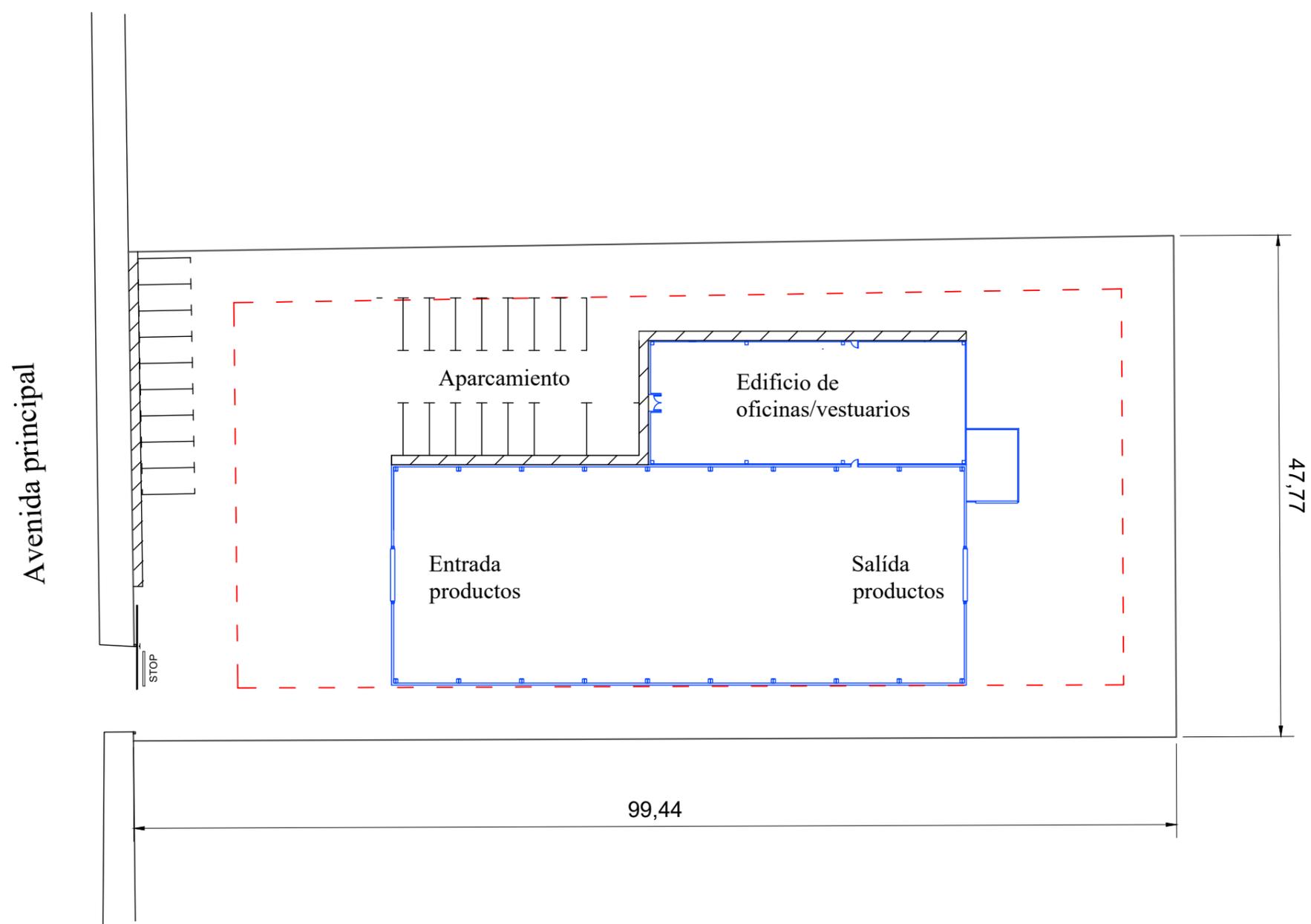
FECHA: Diciembre 2017

PROMOTOR: Escuela Politécnica Superior

PROYECTO: Proceso de nitrocarburation líquida de aceros

PLANO: Situación

nº PLANO:
1 de 5



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTORA: Olga Silva De Carvalho

SITUACIÓN: Polígono A Granxa

FECHA: Diciembre 2017

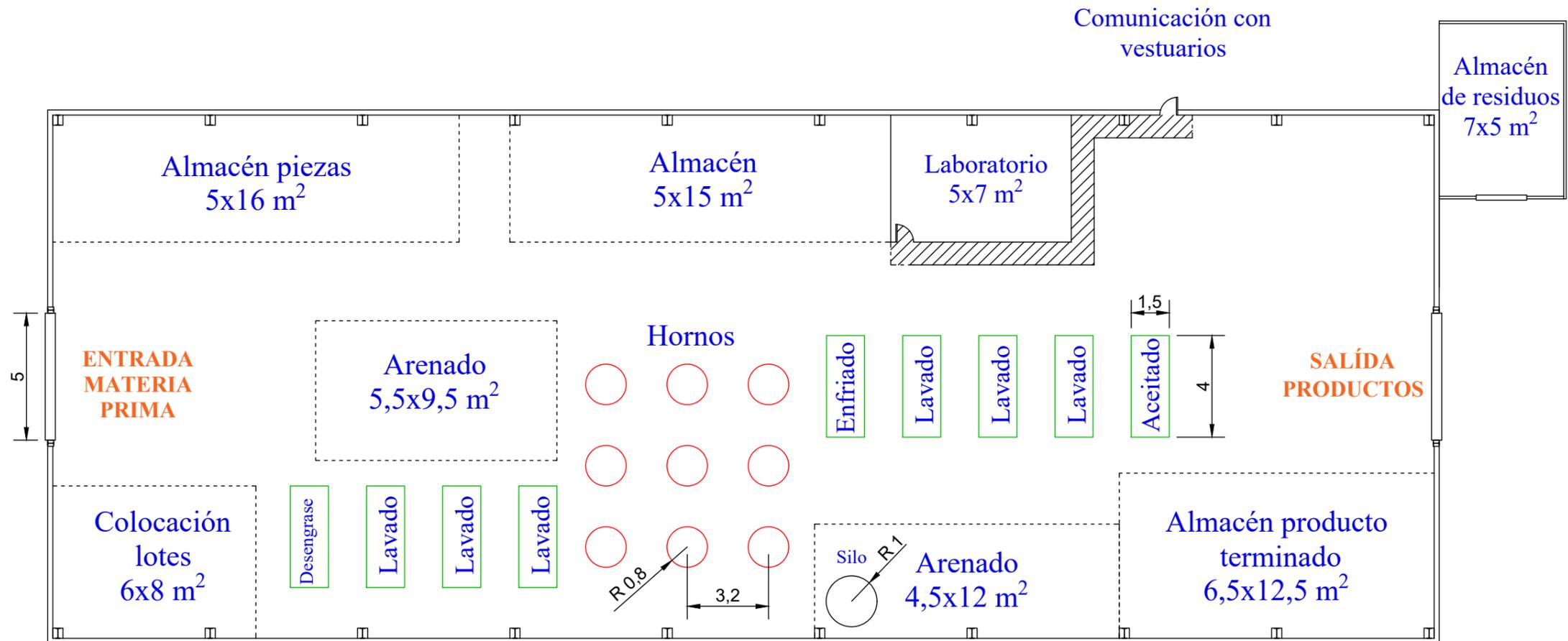
PROMOTOR: Escuela Politécnica Superior

ESCALA: 1:500

PROYECTO: Proceso de nitrocarburation líquida de aceros

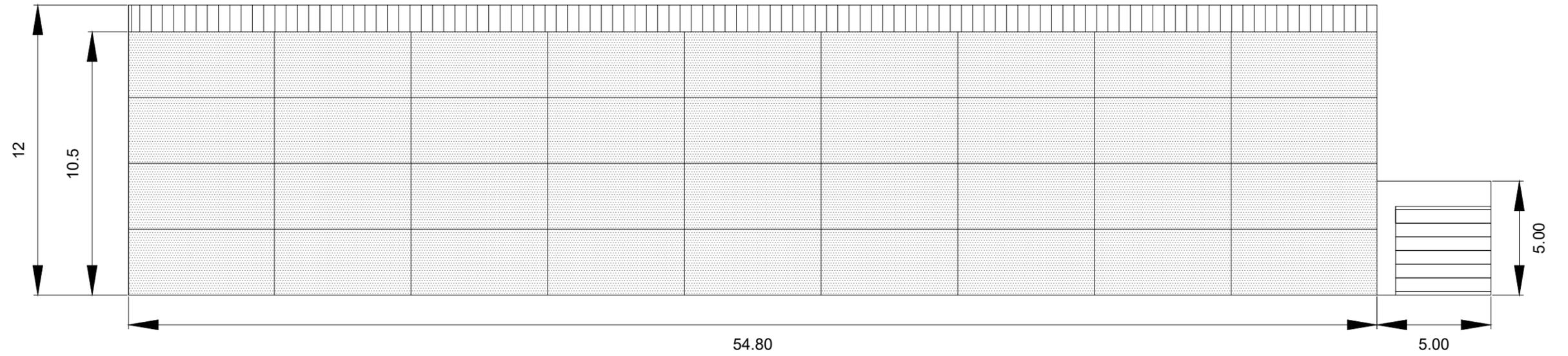
PLANO: **Parcela**

nº PLANO:
2 de 5

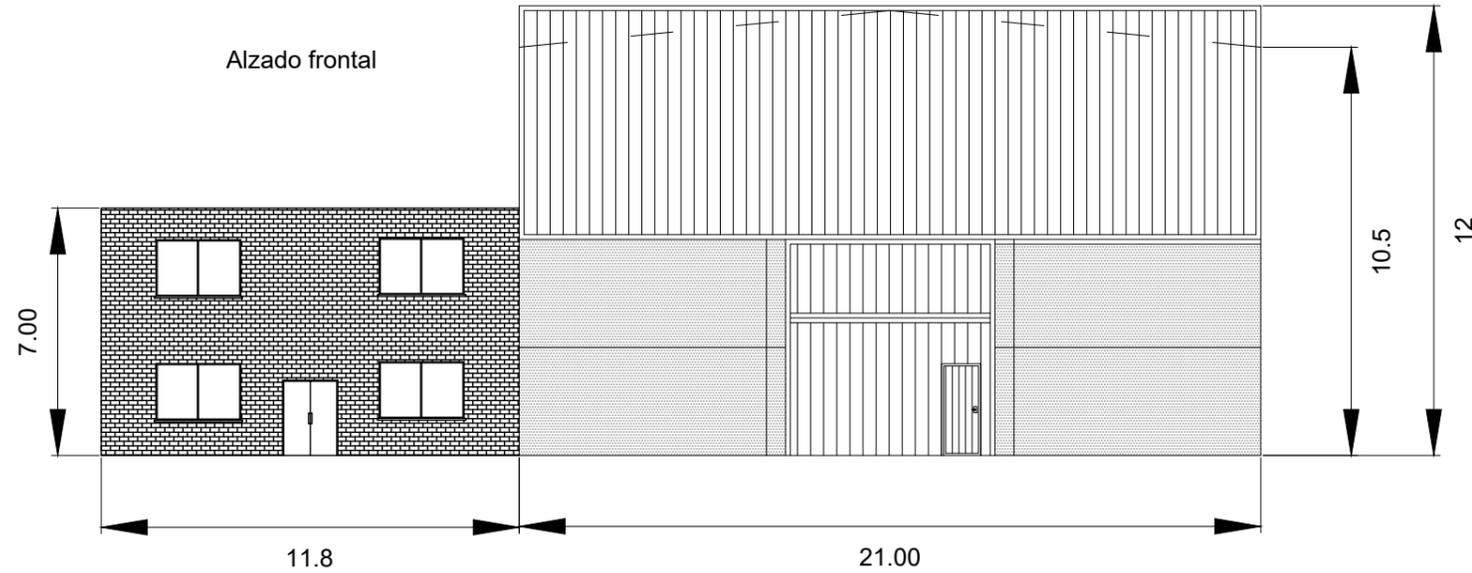


	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR TRABAJO FIN DE GRADO	
	AUTORA: Olga Silva De Carvalho	
SITUACIÓN: Polígono A Granxa		FECHA: Diciembre 2017
PROMOTOR: Escuela Politécnica Superior		ESCALA: 1:200
PROYECTO: Proceso de nitrocarburación líquida de aceros		
PLANO:	Zona de producción	nº PLANO: 3 de 5

Alzado derecho



Alzado frontal



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTORA: Olga Silva De Carvalho

SITUACIÓN: Polígono A Granxa

FECHA: Diciembre 2017

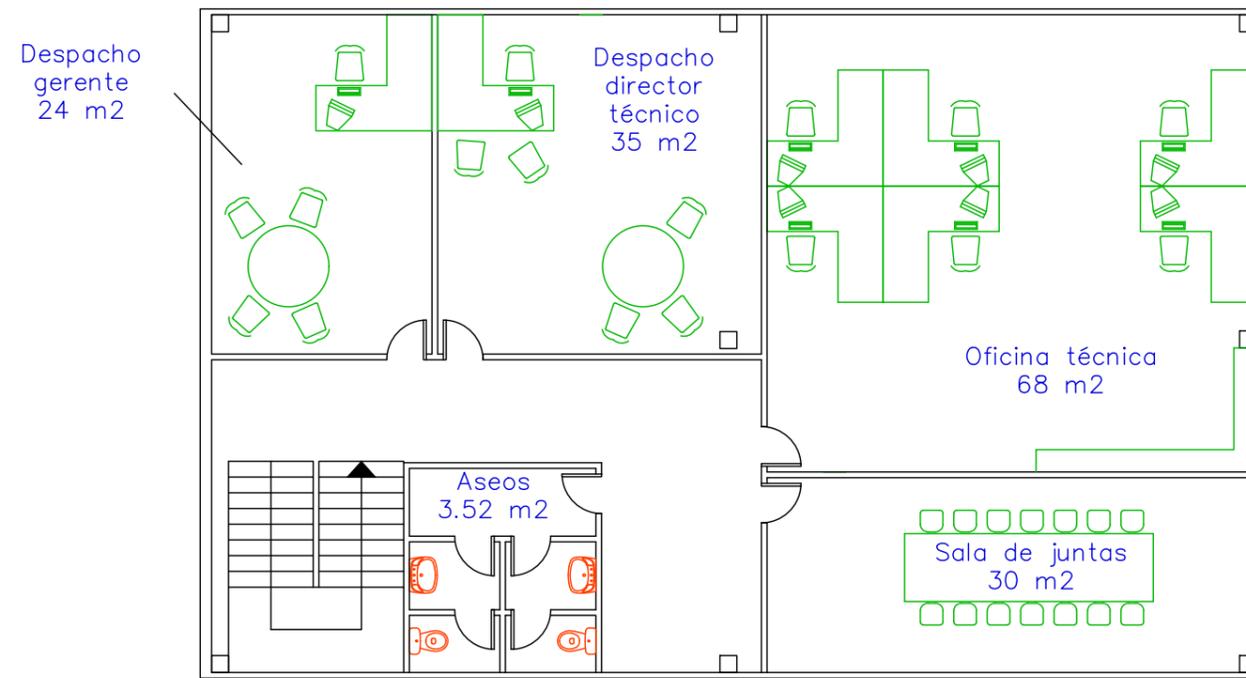
PROMOTOR: Escuela Politécnica Superior

ESCALA: 1:200

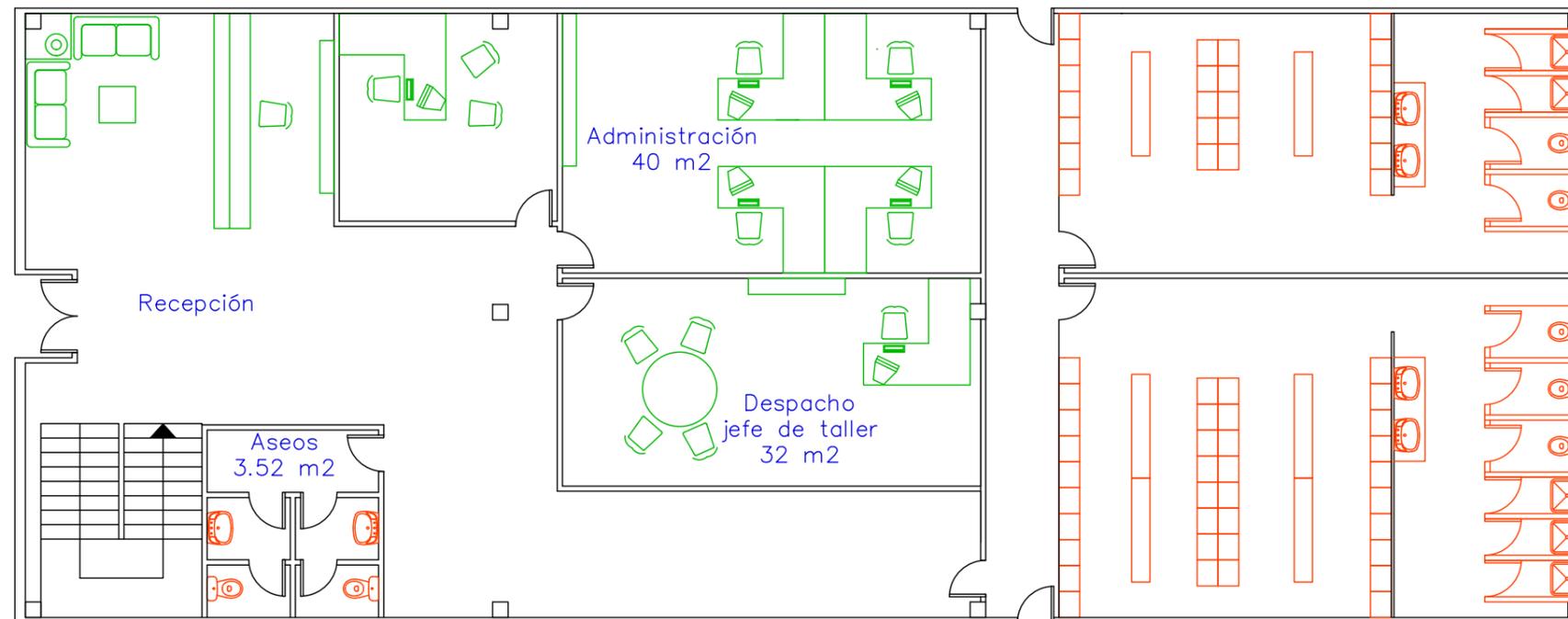
PROYECTO: Proceso de nitrocarburation líquida de aceros

PLANO: Alzado

nº PLANO:
4 de 5



Primera planta



Planta baja



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTORA: Olga Silva De Carvalho

SITUACIÓN: Polígono A Granxa

FECHA: Diciembre 2017

PROMOTOR: Escuela Politécnica Superior

ESCALA: 1:125

PROYECTO: Proceso de nitrocarburation líquida de aceros

PLANO: Edificio oficinas y vestuarios

nº PLANO:
5 de 5



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2017/18**

*PROCESO DE NITROCARBURACIÓN LÍQUIDA DE
ACEROS*

Grado en Ingeniería Mecánica

PRESUPUESTO

Índice

Capítulo 1: Zona de producción	1
Capítulo 2: Equipos auxiliares a la producción.....	1
Capítulo 3: Equipo para laboratorio.....	1
Resumen del presupuesto	2

Capítulo 1: Zona de producción

Concepto	Unidades	Precio unitario (euros)	Coste (euros)
Cubas de desengrase	1	10.000,00 €	10.000,00 €
Cubas	8	8.000,00 €	64.000,00 €
Horno de sales	6	105.000,00 €	630.000,00 €
Horno precalentamiento	3	75.000,00 €	225.000,00 €
Cabina de arenado	2	14.000,00 €	28.000,00 €
Total Capítulo 1			957.000,00 €

Capítulo 2: Equipos auxiliares a la producción

Concepto	Unidades	Precio unitario (euros)	Coste (euros)
Puentes grúa	2	85.000,00 €	170.000,00 €
Campana de extracción	1	25.000,00 €	25.000,00 €
Total Capítulo 3			195.000,00 €

Capítulo 3: Equipo para laboratorio

Concepto	Unidades	Precio unitario (euros)	Coste (euros)
Cortadora	1	6.000,00 €	6.000,00 €
Embutidora	1	2.000,00 €	2.000,00 €
Pulidora	1	2.000,00 €	2.000,00 €
Microscopio óptico	1	11.000,00 €	11.000,00 €
Campana de gases	1	15.000,00 €	15.000,00 €
Perfilómetro	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Tribómetro	1	12.000,00 €	12.000,00 €
Microdurómetro	1	7.000,00 €	7.000,00 €
Cámara de niebla salina	1	3.500,00 €	3.500,00 €
Balanza	2	800,00 €	1.600,00 €
Total Capítulo 2			61.100,00 €

Resumen del presupuesto

Capítulo 1: Zona de producción		957.000,00 €
Capítulo 2: Material de laboratorio		61.100,00 €
Capítulo 3: Auxiliares a la producción		195.000,00 €
<hr/>		
Importe de Ejecución Material		1.213.100,00 €
<hr/>		
	13% de Gastos Generales	157.703,00 €
	6% Beneficio Industrial	72.786,00 €
	Total del Importe de Ejecución Material	1.443.589,00 €
	21% de I.V.A.	303.153,69 €
<hr/>		
	Total Importe	1.746.742,69 €
<hr/>		

Ferrol, diciembre de 2017

Olga Silva de Carvalho