



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Concepción del Uruguay

Maestría en Ingeniería Ambiental

Tesis de Maestría

**Estudio Ambiental - Técnico - Económico
de Procesos de Tratamiento Superficial
para Aceros de Uso Industrial**

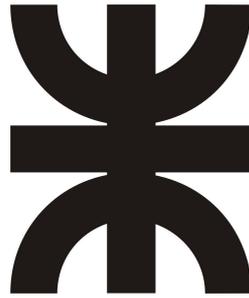


Tesista: Ing. Esp. Pedro Rotundo

Directora: Dra. Sonia Brühl

Codirectora: Dra. Nancy Quaranta

2018



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Concepción del Uruguay

Maestría en Ingeniería Ambiental

Tesis

Estudio Ambiental - Técnico - Económico

de Procesos de Tratamiento Superficial

para Aceros de Uso Industrial

Tesista:

Ing. Esp. Pedro Rotundo

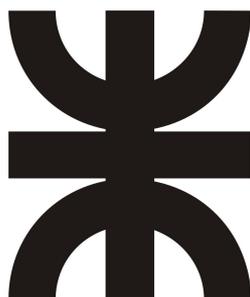
Directora:

Dra. Sonia Brühl

Codirectora:

Dra. Nancy Quaranta

2018



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Concepción del Uruguay

Maestría en Ingeniería Ambiental

Tesis

Estudio Ambiental - Técnico - Económico

de Procesos de Tratamiento Superficial

para Aceros de Uso Industrial

Tesis presentada en cumplimiento de las exigencias de la carrera de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Facultad Regional Concepción del Uruguay, realizada por Pedro Rotundo, ingeniero electromecánico y especialista en ingeniería ambiental.

Directora:

Dra. Sonia Brühl

Codirectora:

Dra. Nancy Quaranta

Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina

Año 2018

DEDICATORIA

*A mi esposa, **Erika**.*

*A mi Hija, **Eluney** y mi Hija por venir, **Aylen**.*

*A mis **padres**.*

*A **todos** los que leen esta tesis*

y se interesan por un ambiente más sano.

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis de investigación aplicada no solo es producto de mucho esfuerzo personal, tiempo y dinero. También, se necesitó de la ayuda de muchas personas, tanto en lo académico como en lo personal, para poder superar las dificultades presentadas y llegar al objetivo de concluirla.

Por esto es necesario nombrar a todos los que la hicieron posible y agradecerles por los enormes aportes de cada uno.

- En primer lugar a mi familia por su apoyo incondicional, en especial, a mi esposa Erika, por escucharme y animarme a seguir adelante y a mis hijas Eluney y Aylene, por ceder parte de su tiempo.
- Dra. Sonia Brühl, directora de tesis y directora del grupo GIS (UTN, FRCU), por proponer el tema de tesis y confiar en que lo iba a llevar a buen puerto, estando disponible en todo momento para atender mis consultas, realizar todo el soporte necesario para la investigación, aportar interesantes puntos de vista y, sobre todo, brindar cada palabra de optimismo.
- Dra. Nancy Quaranta, codirectora de tesis, por las horas dedicadas a la lectura de la tesis, las minuciosas correcciones y los aportes fundamentales para lograr los objetivos propuestos.
- A mis compañeros de cursado y grupo de estudio, con los cuales, motivados por hacer lo mejor, logramos muy buenos trabajos.
- A los profesores de la Maestría por brindar sus conocimientos y experiencias para poder desarrollarme.

Durante el desarrollo de la tesis se realizó la visita a varias empresas para relevar los diferentes tratamientos. Estas personas, desinteresadamente, abrieron las puertas de sus empresas, me recibieron amablemente y pusieron a disposición sus instalaciones, datos, equipos y tratamientos, realizando aportes esenciales para que la investigación prospere.

Por esto agradezco a cada uno de ellos.

- Lic. Patricia Cabo, Sr. Esteban Karges, Dr. Amado Cabo y todo el equipo de Ionar S.A.

- Sra. Alicia Caballero y todo el equipo de Sulfinuz Argentina S.A.I.C.
- Felipe Argerich, Ing. Ezequiel Myers y todo el equipo de Galvasa S.A.
- Ing. Jorge Halabí y todo el equipo de Sudosilos S.A.
- Ing. Raul Charadia.

También agradezco a otras personas, que no sería justo olvidar ya que también participaron y contribuyeron.

- Esp. Lic. Ivana Venze y Mg. Ing. Karina Cedaro, del equipo de posgrado de la UTN FRCU.
- Mg. Lic. Hugo Ruben Perez, jurado de tesis.
- Mg. Lic. Jorge Luís Etcharrán, jurado de tesis.
- Dr. Martín Munitz, jurado de tesis.
- Carlos Schneider, Alfredo Marsó, Iván Donda, Natalia Massiolo del equipo de Grantec S.A.
- Lic. Iván Germanier, socio en el equipo de Ingenieria y Ambiente.

Finalmente, agradezco a la vida misma, por permitir mantenerme firme en el objetivo de cursar las materias y realizar las tareas necesarias para obtener el título de Magister en Ingeniería Ambiental y no ceder ante las adversidades.

A todos, muchas gracias!!!

RESUMEN

La ingeniería de superficies analiza las técnicas de tratamientos superficiales, entre ellas, las técnicas que modifican termoquímicamente la composición de los aceros a nivel superficial. Dentro de este marco, se desarrolla la presente investigación. Tiene como alcance las técnicas de tratamiento superficial para aceros de uso industrial, definiendo dos grupos, las técnicas convencionales y las técnicas innovadoras.

Debido a la falta de desarrollo bibliográfico, carecen los criterios de selección basados en características de protección ambiental, lo que resta importancia a algunos tratamientos, excluyéndolos pese a ser procesos ambientalmente más amigables.

El propósito de la investigación es promover y estimular el pasaje de técnicas convencionales a innovadoras, ampliando el campo del conocimiento y estableciendo criterios integrales de selección basados tanto en aspectos ambientales como en técnicos y económicos.

El desarrollo de la investigación se basa en la utilización de una planilla de auditoría ambiental, de confección propia, para el relevamiento de datos de las técnicas de tratamiento superficial. La zona estudiada comprende las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba. Luego, se analizan dichos datos, sometiéndolos a un análisis de riesgo que considera 14 escenarios ambientales, los cuales involucran diferentes situaciones que podrían ocurrir, ponderando los efectos en los entornos natural, humano y socioeconómico.

Los resultados revelan que las técnicas analizadas, en general, no poseen un nivel importante de riesgo ambiental. Además, se verifica que las técnicas innovadoras, en particular, son ambientalmente más amigables.

Se recomienda que la investigación sea material de consulta de profesores que desarrollen conceptos sobre tratamiento de aceros, personal de diseño y oficina técnica, interesados en técnicas de tratamiento superficial, organismos de control y fiscalización ambiental y en general por aquellos que desarrollen trabajos en la industria metalmeccánica.

Palabras claves: Ingeniería de superficies, técnicas de tratamiento superficial, riesgo ambiental, desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Surface engineering analyzes the techniques of surface treatments, including techniques that thermochemically modify the composition of steels at the surface level. Within this framework, the present investigation is developed. It has as a scope the techniques of surface treatment for steels of industrial use, defining two groups, the conventional techniques and the innovative techniques.

Because of to the lack of bibliographic development, selection criteria based on environmental protection characteristics are lacking, which makes some treatments less important, excluding them despite being environmentally friendlier processes.

The purpose of this research is to promote and stimulate the passage from conventional to innovative techniques, expanding the field of knowledge and establishing integral selection criteria based on environmental, technical and economic aspects.

The development of the research is based on the use of a self-made environmental audit template, for the data collection of surface treatment techniques. The studied area includes the provinces of Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe and Córdoba. Then, these data are analyzed, submitting them to a risk analysis that considers 14 environmental scenarios, which involve different situations that could occur, weighing the effects in the natural, human and socioeconomic scenarios.

The results reveal that the techniques analyzed, in general, do not have an important level of environmental risk. In addition, it is verified that innovative techniques, in particular, are environmentally friendlier.

It is recommended that the research be a reference material for professors who develop concepts about steel treatment, design personnel and technical office, interested in surface treatment techniques, environmental control and inspection bodies and, in general, those who work in the metalworking industry.

Key words: Surface engineering, surface treatment techniques, environmental risk, sustainable development.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	13
1.1. Presentación de la tesis	13
1.2. Problemática	14
1.3. Justificación	15
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.4.3. Objetivo de extensión	18
1.5. Alcances	18
1.6. Limitaciones	19
1.7. Organización de la tesis	19
CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO Y REGULATORIO	21
2.1. Contextos	21
2.1.1. Contexto geográfico	21
2.1.2. Contexto histórico	21
2.2. Marco teórico	23
2.2.1. Ingeniería de superficies	25
2.2.2. La ingeniería de superficies y los aspectos ambientales	26
2.2.3. Principios sobre corrosión	27
2.2.4. Protección contra la corrosión	30
2.2.5. Principios sobre desgaste	30
2.2.6. Protección contra el desgaste	35
2.2.7. Costos debidos a la corrosión y el desgaste	35
2.2.8. Técnicas de tratamiento superficial contra la corrosión y el desgaste	37
2.2.9. Técnicas de tratamientos superficiales de interés	38

2.2.9.1. Técnicas termoquímicas de difusión	40
2.2.9.2. Implantación iónica	45
2.2.9.3. TTS asistidas por plasma	46
2.2.9.4. Deposición electroquímica	48
2.2.9.5. Baños de metal fundido	49
2.2.9.6. CVD térmico	50
2.2.9.7. Recubrimientos por plasma a partir de fase vapor	51
2.2.10. Comparación técnica entre TTS	52
2.2.11. Auditoría ambiental	55
2.2.12. Análisis de riesgos	60
2.3. Marco regulatorio	67
2.3.1. Leyes nacionales	68
2.3.2. Leyes de la Provincia de Buenos Aires	68
2.3.3. Leyes de la Provincia de Entre Ríos	68
2.3.4. Leyes de la Provincia de Córdoba	68
2.3.5. Leyes de la Provincia de Santa Fe	69
2.4. Antecedentes	69
CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA	79
3.1. Etapa de pre auditoría	79
3.1.1. Consideraciones preliminares de la planilla de auditoría ambiental-técnica-económica	81
3.1.2. Definición de objetivos de la auditoría	82
3.1.3. Identificación de escenarios ambientales	83
3.1.4. Identificación de información a relevar	88
3.1.5. Planilla de auditoría	93
3.2. Investigación de campo. Etapa de auditoría	96
3.2.1. Proceso de auditoría	96

3.3. Análisis de datos y resultados. Etapa de pos auditoría	97
3.3.1. Análisis de datos relevados	97
3.3.2. Metodología de presentación de resultados	99
CAPÍTULO 4 – ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS	101
4.1. Análisis de Datos	101
4.1.1. Ionar S.A. – Nitruración iónica	101
4.1.2. Ionar S.A. – Nitrocarburation iónica	107
4.1.3. Sudosilo S.A. – PVD	111
4.1.4. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración Tenifer + QPQ	116
4.1.5. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración gaseosa	121
4.1.6. Anónimo – Carbonitruración gaseosa	125
4.1.7. Galvasa S.A. – Galvanización en caliente	130
4.1.8. Otros tratamientos con resultados parciales	135
4.1.9. Políticas ambientales	138
4.2. Resultados	138
4.2.1. Resultados de riesgos generales	139
4.2.2. Aspectos técnicos	139
4.2.3. Aspectos económicos	140
4.2.4. Energía necesaria	140
4.2.5. Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares	141
4.2.6. Incidencia de la investigación	141
4.2.7. Exposición unificada de resultados	142
CAPÍTULO 5 – DISCUSIÓN	145
5.1. La tesis y su metodología	145
5.1.1. Las empresas y la técnica observada	145
5.1.2. Los errores sistemáticos	146
5.1.2. La exactitud de los datos relevados	147

5.1.3. La normativa	147
5.1.4. Tendencia económica del sector	148
5.2. Los resultados	149
5.2.1. Riesgos acotados	149
5.2.2. Riesgos de las TTS asistidas por plasma	150
5.2.3. Riesgos de las TTS en baño de sales	151
5.2.4. Riesgos de las TTS gaseosas	152
5.2.5. Riesgo de las TTS con baños de metal fundido	152
5.2.6. Equivalencias entre diferentes TTS	153
5.2.7. Aspectos técnicos	155
5.2.8. Aspectos económicos	156
5.2.9. Energía necesaria	157
5.2.10. Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares	159
5.2.11. Generalizaciones	159
5.2.12. Comparación de resultados y antecedentes	160
5.2.13. Exposición de resultados	161
CAPÍTULO 6 – CONCLUSIÓN	165
6.1. Cumplimiento de los objetivos	165
6.1. Objetivo general	165
6.1.1. Objetivo específico 1	166
6.1.2. Objetivo específico 2	166
6.1.3. Objetivo específico 3	167
6.1.4. Objetivo específico 4	167
6.1.5. Objetivo específico 5	168
6.1.6. Objetivo de extensión	168
6.2. Líneas de investigación a futuro	170
6.3. Contribuciones	171

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	173
Referencias	173
Bibliografía	177
ANEXO 1 - PLANILLAS DE RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN	179
A.1.1. Ionar S.A. – Nitruración iónica	179
A.1.2. Ionar S.A. – Nitrocarburation iónica	183
A.1.3. Sudosilo S.A. – PVD	186
A.1.4. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración Tenifer + QPQ	189
A.1.5. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración gaseosa	192
A.1.6. Anónimo – Carbonitruración gaseosa	195
A.1.7. Galvasa S.A. – Galvanización en caliente	198
ANEXO 2 – PLANILLA DE RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN	201
A.2.1. Ionar S.A. – Nitrocarburation iónica	201
A.2.2. Sudosilo S.A. – PVD	203
A.2.3. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración Tenifer + QPQ	204
A.2.4. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración gaseosa	206
A.2.5. Anónimo – Carbonitruración gaseosa	207
A.2.6. Galvasa S.A. – Galvanización en caliente	209

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación de la tesis

Se eligió como temática para la tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental la realización de una investigación descriptiva sobre los procesos o técnicas de tratamientos superficiales para aceros de uso industrial, de ahora en adelante nombradas como TTS. Dichas técnicas, tienen por finalidad modificar las propiedades de la región superficial del material tratado, con el fin de mejorar su desempeño, sin alterar su estructura o composición más allá de la superficie. Se le dio importancia a las TTS que tienen por objetivo mejorar la resistencia al desgaste, disminuir el coeficiente de fricción, crear barreras contra difusión de ciertos elementos y, por lo tanto, crear una protección contra la corrosión.

Dentro de las técnicas de tratamientos superficiales se encuentran algunas muy practicadas y difundidas, llamadas técnicas tradicionales y otras de las cuales existe menor grado de conocimiento, llamadas en este caso técnicas innovadoras. De las nombradas, se toman siete técnicas representativas y se las somete a un análisis comparativo de riesgo ambiental, teniendo en cuenta los aspectos ambientales,

técnicos y económicos, con el fin de obtener la técnica más sostenible o, como se verá durante el desarrollo, el conjunto de técnicas más sostenibles.

Las técnicas más utilizadas llamadas tradicionales fueron mayormente difundidas debido a su sencillez científico - tecnológica y a la baja inversión que se necesita para el proceso. En el caso de las demás técnicas, llamadas innovadoras, se observó que no existe tanto desarrollo a nivel industrial. Advirtiendo que la tendencia se orienta hacia la elección de las TTS convencionales, se desea comprobar la hipótesis de que las TTS innovadoras son ambientalmente más amigables. Una vez comprobado esto, se brindan argumentos técnicos y aspectos normativos para migrar desde técnicas convencionales hacia técnicas innovadoras.

1.2. Problemática

Existe una falta de desarrollo bibliográfico y de investigación sobre los aspectos ambientales de las TTS. La falta de información conlleva a no tener criterios integrales de selección de las TTS, dejando de lado algunas de las llamadas técnicas innovadoras y, en consecuencia, la selección de tratamientos está limitada a los métodos tradicionales, los que no necesariamente son más beneficiosos para la finalidad de la pieza.

Otro aspecto importante es que a la hora de la selección, se suele basar el análisis en los costos económicos y las características técnicas del recubrimiento obtenido, pero por lo general se desconoce cuáles TTS poseen procesos más sustentables, es decir, con menor consumo de energía, menor cantidad de residuos generados, menor volumen de agua de proceso, etc.

Se cree también que los problemas de contaminación que producen los diferentes tratamientos superficiales generan impactos negativos a nivel local y global. La bibliografía existente relaciona estos impactos según los aspectos nombrados a continuación, los cuales serán puestos en consideración al momento de discutir los resultados, pudiendo observar una notable mejora entre los antiguos tratamientos y los actuales:

Impacto en aire

- Suelen encontrarse en las inmediaciones de la empresa óxidos de azufre, de nitrógeno, de carbono, aerosoles en general, entre otros.

Impacto en Agua

- Aparición de sedimentos o depósitos de sólidos de distinta procedencia.
- Aparición de nutrientes que causen eutrofización.
- Inhibición de procesos biológicos debido a sustancias tóxicas.
- Reducción de la posibilidad de reutilización del agua para otros usos (agropecuario, recreativo, etc.)

Impacto en suelo

- Inhibición de procesos biológicos.
- Contaminación de napas.
- Toxicidad para animales y plantas.

Otros impactos

- Afecciones al entorno de la empresa debido a ruidos molestos y vibraciones.

1.3. Justificación

En la actualidad el principal criterio de selección de un tratamiento superficial es el económico, es decir que se realiza un análisis donde se evalúa si el costo del tratamiento es menor al de reemplazar la pieza en cuestión. Esto suena lógico desde un punto de vista de una economía de subsistencia, pero el compromiso afrontado es llevar el análisis a un nivel superior, aportando conocimiento científico-tecnológico, donde se tenga en cuenta un estudio integral, considerando los aspectos ambientales, técnicos y económicos. Un punto importante a destacar es que la legislación referente a los procesos industriales es cada vez más restrictiva, se realizan a diario esfuerzos

para mejorar los tratamientos de residuos, reemplazar aquellos procesos que resulten negativos para la salud o el ambiente y también para encontrar procesos alternativos con impactos mínimos.

La idea de tesis surge del contacto con el Grupo de Ingeniería de Superficies (GIS), perteneciente a la estructura del Departamento de Ingeniería Electromecánica de la UTN, Facultad Regional Concepción del Uruguay. El grupo cuenta con más de 20 años de experiencia en investigación aplicada y desarrollo tecnológico en el área de tratamientos superficiales de materiales, utilizando técnicas asistidas por plasma. Tras años de experiencia en investigación se notó que no existe una zona del conocimiento en la que se desarrollen comparativamente todas las TTS, tanto convencionales como innovadoras, teniendo en cuenta los tres puntos de vista mencionados anteriormente, en conjunto.

Existe bibliografía referida a los aspectos técnicos de las TTS convencionales, existe también una variedad de artículos y publicaciones científicas referidas a los aspectos técnicos de las TTS innovadoras, pero ninguno de ellos está formulado en función de las características particulares de esta región, haciendo referencia a su realidad social, económica, capacidad técnica, normativa vigente y cuidado ambiental. Entiéndase por la región de interés como la comprendida por las provincias de Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires.

La TTS es seleccionada de acuerdo a las necesidades de resistencia de la pieza por lo que no hay, en principio, uno mejor que otro. Desafiando este paradigma, se propone estudiar las técnicas de tratamientos superficiales con el fin de realizar un análisis ambiental, técnico y económico para obtener la opción de TTS más sustentable, las limitaciones técnicas, en caso que las hubiese, y el orden de magnitud económico en que se encuentra cada uno de los tratamientos superficiales.

No se intenta dar fundamentos para dejar de realizar aquellos procesos que ocasionan un mayor nivel de contaminación, sino que se busca ampliar el marco teórico dando fundamentos teóricos y técnicos para impulsar un desarrollo y un pasaje gradual desde las TTS tradicionales hacia las TTS innovadoras, las cuales se demostrará que poseen menor riesgo ambiental.

Además, podemos mencionar las ventajas que surgen de una adecuada gestión ambiental en una empresa que realice TTS.

- Mejora y optimización de procesos productivos.
- Ahorro en materia prima, insumos y energía.
- Reducción de costos de producción.
- Mejora de la imagen de la empresa.
- Se evitan demandas o multas.
- Sirve como argumento de venta ante clientes.
- Mayor posibilidad de financiación y surgimiento de nuevos negocios.
- Reducción de pólizas de seguros.
- Reducción de riesgos de accidentes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Realizar una investigación descriptiva de las diferentes técnicas de tratamiento superficial para aceros de uso industrial utilizadas en nuestro país, analizando aspectos ambientales, técnicos y económicos con el fin de encontrar los procesos más sostenibles.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer qué técnica de tratamiento superficial posee menor riesgo ambiental en función de las características de protección de la pieza, requeridas.
- Analizar la factibilidad de aplicación de la técnica con mayores beneficios ambientales, en función de su complejidad técnica y costo económico.

- Desarrollar un modelo de auditoría ambiental y análisis de riesgo, aplicable a industrias similares.
- Establecer pautas para el cumplimiento de la normativa ambiental.
- Indicar cuales TTS deben tener mayor prioridad e incentivo de desarrollo.

1.4.3. Objetivo de extensión

- Promover y/o estimular en la región el desarrollo de la línea de técnicas más sostenibles para tratamientos superficiales de aceros de uso industrial a través de la publicación de la investigación descriptiva, ampliando la frontera de conocimiento de las partes interesadas: empresas de tratamiento superficial, diseñadores de elementos de máquinas, ente de control y regulación ambiental y área académica.

1.5. Alcances

En esta investigación se identificaron las TTS vigentes para tratar aceros de uso industrial, como también, los recursos técnicos necesarios para llevar a cabo el tratamiento. De igual forma, se identificaron las TTS innovadoras, los recursos necesarios y la necesidad de transferencia de conocimiento que estos requieren para transformarse en TTS cotidianas o de aplicación común. Se relevaron 7 técnicas que se consideraron representativas, tomando datos de diferentes empresas visitadas.

Se utilizaron las investigaciones del grupo GIS (Grupo de Ingeniería de Superficies), correspondientes a los ensayos realizados a probetas de los diferentes establecimientos relevados para obtener información técnica empírica correspondiente a las diferentes TTS relevadas, que sirva a la discusión de resultados.

Se ampliará al campo actual de conocimiento en diferentes entornos como lo son el industrial, académico y científico.

1.6. Limitaciones

Quedan fuera del alcance las TTS previstas para materiales diferentes de los aceros de uso industrial, tales como, los metálicos no ferrosos, todos los materiales no metálicos y además, no se incursionará en la investigación las siguientes TTS:

- Pinturas
- Revestimientos cerámicos
- Técnicas de endurecimiento mecánicas
- Técnicas de endurecimiento térmico sin cambios en la composición del sustrato.

1.7. Organización de la tesis

El cuerpo de la tesis está organizado en diferentes capítulos, según se detallan a continuación.

- **CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN:** En este capítulo se podrán encontrar la presentación y justificación de la tesis, junto con los objetivos a alcanzar y las limitaciones impuestas a la investigación.
- **CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO Y REGULATORIO:** En este capítulo se podrán encontrar los contextos geográfico e histórico, junto con el desarrollo del marco teórico, que incluye, la ingeniería de superficies, principios sobre corrosión, principios sobre el desgaste y las técnicas de tratamiento superficial en general. Luego se encuentra el marco regulatorio de la zona considerada y finalmente, una revisión de antecedentes.
- **CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA:** En este capítulo se podrán encontrar los pasos realizados para formular la planilla de relevamiento de información, junto con la justificación de la información necesaria a relevar. También, se detalla la identificación y el planteo de los diferentes escenarios ambientales

que se aplicarán al análisis de riesgo ambiental. Seguidamente, se enuncia como será el tratamiento de los datos relevados y se establecen los niveles de ponderación correspondientes a cada característica de interés. Por último, se establece como será el formato de presentación de resultados una vez realizado el análisis previsto.

- **CAPÍTULO 4 – ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS:** En este capítulo se podrán encontrar, por un lado, el análisis de los datos correspondientes a cada técnica relevada, procediendo en todas las técnicas de igual forma, se expresa el flujograma correspondiente al tratamiento, se analizan los insumos y materias primas en base a las hojas de seguridad correspondientes, se detallan los residuos y se realiza el análisis de riesgo exponiendo los resultados de estos. Por otro lado, se encuentran los resultados, donde se exhiben diferentes tablas que agrupan las TTS expresando el resumen de los resultados propiamente dichos.
- **CAPÍTULO 5 – DISCUSIÓN:** En este capítulo se podrán encontrar las diferentes observaciones realizadas en el capítulo 4, discutidas y analizadas desde diferentes puntos de vista.
- **CAPÍTULO 6 – CONCLUSIÓN:** En este capítulo se recuerdan los objetivos nombrados en el capítulo 1 y se detalla el grado de cumplimiento de la investigación con cada uno de ellos.
- **REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA:** En esta sección se encuentran listadas las fuentes de información utilizadas para el desarrollo de la investigación.
- **ANEXO 1 – PLANILLAS DE RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN:** En esta sección se encuentran las diferentes planillas correspondientes a cada técnica de tratamiento superficial relevado.
- **ANEXO 2 – ANÁLISIS DE ENTORNOS AMBIENTALES:** En esta sección se encuentran detallados los diferentes análisis de entornos ambientales. Cabe destacar, que se los colocó como anexo para evitar que el capítulo de resultados contenga una extensión excesiva.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y REGULATORIO

2.1. Contextos

2.1.1. Contexto geográfico

La tesis se enmarca en el territorio argentino, pero particularmente, toma cuatro provincias de la región centro Este, es decir Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba. En esta región es donde están radicadas las industrias que se visitaron durante el desarrollo de la tesis.

2.1.2. Contexto histórico

La fabricación de componentes mecánicos y estructurales se realiza con herramientas tales como guillotinas, brocas, martillos, punzones, entre otras. En general, estas herramientas están fabricadas con diferentes aceros, adecuados para cada caso. Con el correr de los años los diseñadores de aleaciones con una "intuición educada" han

generado nuevas aleaciones a base de prueba y error, proponiendo elementos de aleación para los diferentes aceros y con ellos modificar las características físicas.

No es trabajo sencillo establecer una relación directa entre la adición de un aleante específico y la característica del acero que se modifica. Existe una correspondencia entre la dureza y la tenacidad, por lo tanto, se consigue fácilmente que un acero sea duro aunque será frágil; o que un acero sea dúctil y tenaz, pero será blando, o sea que una propiedad contrarresta a la otra. Por ejemplo, muchas herramientas dependen de su filo para poder trabajar en forma continua, se puede concebir un acero muy duro para que sea durable, pero a la vez se necesita fabricar esta herramienta, por lo que el acero de la herramienta que la fabrique debería ser aún más duro. Intentando encontrar una solución a esta problemática, se tuvo en cuenta que ciertos elementos mecánicos o estructurales necesitan ciertas características de resistencia sólo en su superficie y no en el interior de la pieza; tal es el caso de las herramientas de corte, que deben enfrentar el problema del desgaste en la superficie y no en su interior. Desde este punto de vista, se simplificó el problema acudiendo a lo que luego se llamó tratamientos superficiales e ingeniería de superficies, lo que permite endurecer considerablemente una capa superficial de cierta cantidad de micrones de espesor, manteniendo el interior de la pieza sin cambios, por lo tanto, menos duro y tenaz.

Las técnicas de tratamiento superficial se han utilizado desde los primeros tiempos del acero. Se han localizado pruebas que indican que los herreros de las civilizaciones antiguas intentaban obtener superficies duras para sus herramientas y armas empleando carbono (tomado de la leña por contacto con el hierro) y nitrógeno (obtenido a través de la orina de los animales).

En tiempos más cercanos, se formularon diferentes tratamientos con o sin aporte de elementos químicos en la superficie a endurecer, hasta llegar a la segunda mitad del siglo XX, donde la metalurgia recurrió a los procesos que utilizan plasmas para lograr el endurecimiento termoquímico de la superficie de los aceros. El plasma es un tipo especial de gas ionizado, que se logra mediante una descarga eléctrica en un gas. Particularmente, se utiliza el plasma de baja presión, el cual persigue ventajas como rapidez en el proceso, versatilidad (en cuanto a componentes tratables y propiedades buscadas) y un costo conveniente (dado que son eliminados costos asociados con procesos peligrosos y disposición final de desechos). Con las ventajas

nombradas se obtiene un costo operativo bajo y consecuentemente un ambiente y puesto de trabajo seguro. Por otro lado se ha propuesto que estos métodos pueden reemplazar a otros tratamientos considerados más peligrosos, como son los procesos electrolíticos, como el cromo duro.

2.2. Marco teórico

Como materiales de Ingeniería, los aceros son ampliamente utilizados debido a una combinación de excelentes características como la resistencia, dureza, ductilidad, facilidad de fabricación, reciclaje, propiedades magnéticas, entre otras. En la mayoría de las aplicaciones tienen como desventaja su alta susceptibilidad a la corrosión y al desgaste, lo que crea la necesidad de ser recubiertos a través de diferentes procesos para que logren un tiempo de servicio satisfactorio (ASM Int., 2001).

La utilidad de la mayoría de las piezas metálicas depende de la condición de su superficie y del deterioro que pueda sufrir a lo largo de su ciclo de vida, constituyendo los principales factores que limitan la vida útil de la pieza; en consecuencia, tanto la corrosión como el desgaste de los aceros son efectos destructivos que cuestan cientos de millones de dólares al año (ASM Int., 2001). Por lo tanto, es necesario pensar en formas de mitigación de esta problemática, y una de las más efectivas es tratar la pieza metálica superficialmente para lograr mejorar las características de resistencia superficial y, a la vez, no afectar las características deseadas del cuerpo de la pieza.

Para la protección del material hay una gran variedad de opciones, algunos ejemplos son la pintura, la galvanización en caliente y el galvanizado electrolítico, o bien, pueden ser revestidos con capas más resistentes; logradas a través de diferentes métodos como la nitruración, carburización, técnicas de deposición a partir de metales vaporizados asistidos por plasma o implantación de iones, spray térmico, etc. Para esto se debe recurrir a un análisis técnico de los diferentes métodos teniendo en cuenta, además de la utilización de la pieza, el tipo de material a tratar, los rangos de penetración de los tratamientos, los tiempos, las temperaturas de proceso, las probables distorsiones, el costo que implica todo lo anterior y, también es importante,

analizar la conveniencia ambiental de cada tratamiento, o sea, la energía consumida, los residuos generados y el impacto en general sobre el ambiente (ASM Int., 2001).

Los procesos de corrosión y desgaste tienen una sinergia entre ellos. Aunque la corrosión puede ocurrir sin presencia de desgaste mecánico, lo contrario es rara vez observado. A continuación se presentan algunas consecuencias del desgaste, la corrosión y el impacto o choque (ASM Int., 2001).

Desgaste

- Remueve, tanto partículas del metal oxidado, como del recubrimiento y del metal no oxidado, además, expone al metal no oxidado al ambiente.
- Forma ranuras microscópicas y dientes con diferencias de potenciales aptos para la oxidación.
- Incrementa el área microscópica expuesta a la corrosión.
- Elimina las capas superficiales endurecidas por deformación.
- La deformación inducida por altas tensiones localizadas causan endurecimiento y que el área sea susceptible de ser atacada químicamente.

Corrosión

- Produce pits o agujeros que inducen las microfisuras.
- Vuelve rugosa la superficie, lo que reduce la energía necesaria para desgastar el material.
- Ataca selectivamente los límites de grano y las microestructuras multifase, debilitando al metal.

Impacto

- Las deformaciones plásticas ocasionadas por los impactos o choques, hacen a los componentes más susceptibles a la corrosión.
- Agrieta los componentes frágiles y desgarran los componentes dúctiles, formando grietas y sitios de corrosión.

- Suministra energía cinética para accionar los mecanismos de desgaste.
- Calienta al material, lo que causa aumento de los efectos corrosivos.

2.2.1. Ingeniería de superficies

La ingeniería de superficies se refiere a aquellos tratamientos o procesos que modifican las características de la capa externa de la pieza por medio de recubrimientos o modificaciones inducidas, que afectan la superficie del material y, en ocasiones, la región cercana a esta. Consiste en la modificación de la microestructura y/o la composición de la superficie de un componente, mediante métodos físicos o químicos. En el caso de los métodos químicos, implican el aporte de otro material. Como objetivo principal, se persigue mejorar las funciones de la superficie (Agüero, 2007). Esto se realiza teniendo en cuenta que la superficie tratada posee requerimientos y funciones diferentes a las que debe cumplir el cuerpo de la pieza considerada.

En este caso, con la ingeniería de superficies, se tiene como meta principal el incremento de la vida de un componente. Las características deseadas incluyen (ASM Int., 2001):

- Mejorar la resistencia a la corrosión.
- Mejorar la resistencia al desgaste.
- Reducir la fricción entre piezas.
- Mejorar las propiedades mecánicas.
- Mejorar las propiedades eléctricas.
- Mejorar la insolubilidad a temperaturas elevadas.
- Mejorar la estética.

Si bien la ingeniería de superficies actúa en la capa externa del material, no se puede considerar a la pieza o sustrato independientemente de la superficie, ya que al colocar la pieza en diferentes tratamientos estará expuesta a ciclos térmicos, estrés

mecánico, etc., provocando alteraciones tanto en el sustrato como en la superficie (ASM Int., 2001).

La ingeniería de superficies puede contribuir de forma positiva a disminuir los costos ocasionados por la corrosión y el desgaste, pero además, un tratamiento correctamente seleccionado y aplicado conduce a la utilización de aceros de menor costo logrando iguales características de resistencia que otros de mayor costo.

2.2.2. La ingeniería de superficies y los aspectos ambientales

Los factores socioeconómicos que determinan la introducción de nuevos productos y tecnologías en el mercado son varios, muy complejos y se encuentran interrelacionados entre sí, es evidente que el proceso o producto debe ser rentable, pero también debe respetar la legislación imperante que tiende cada vez más a respetar la salud, el ambiente y a conservar los recursos naturales (Agüero, 2007).

En el caso concreto de los procesos de modificación superficial y de los productos que de ellos se generan, podemos encontrar efectos positivos y negativos en lo que se refiere al ambiente y a los aceros de uso industrial (Agüero, 2007).

Efectos positivos

- Contribución a la reducción del consumo de materiales, ya que alarga la vida útil de todo tipo de componentes, siendo posible extenderla más allá de la misma vida útil del tratamiento correspondiente, reaplicando o reparando la superficie.
- Reducción del consumo de energía y de emisiones tóxicas de máquinas generadoras de energía. El empleo de las técnicas de tratamiento superficial contribuye a un aumento significativo de la eficiencia de máquinas térmicas, operando a mayores temperaturas y con menor fricción entre componentes, obteniendo más kW-h por unidad de combustible consumido.
- Reemplazo del cromo duro. Los recubrimientos de cromo duro poseen una gran resistencia al desgaste y a la corrosión ambiental. Tienen un gran número de aplicaciones en la industria aeronáutica, automotriz, componentes de funcionamiento hidráulico, válvulas, herramientas, componentes de

imprentas, etc. Debido a la naturaleza cancerígena del Cr^{+6} , está sujeto a una legislación cada vez más restrictiva en cuanto a los límites de exposición y de descarga de efluentes permitidos. Por esta razón, su producción está alcanzando precios inadmisibles y en algunos casos se ha prohibido su uso. En consecuencia, ha sido necesario dedicar grandes esfuerzos a nivel mundial para buscar alternativas al uso de estos recubrimientos con tan buenas prestaciones, pero, que representan un impacto muy negativo tanto para la salud de los trabajadores como para el ambiente en general.

Efectos negativos

- Como cualquier proceso industrial, las técnicas de tratamiento superficial conllevan algunas interacciones negativas con el ambiente, por ejemplo, la descarga de residuos que estos procesos puedan generar, la toxicidad o peligrosidad de los productos químicos empleados o resultantes, tales como solventes orgánicos, metales pesados, etc.

2.2.3. Principios sobre corrosión

La corrosión u oxidación es un proceso natural, en el cual los átomos de la superficie de una pieza reaccionan al estar expuestos al ambiente, formando una corriente eléctrica desde un material a otro, o bien, desde una parte de la superficie a otra parte de la misma superficie (ASM Int., 2001). Es de origen químico o electroquímico. Se manifiesta a través de una película delgada adherida a la superficie que solo mancha o empaña al metal actuando como retardador de la acción corrosiva, o también, puede existir como capa porosa y voluminosa que no ofrece ninguna protección (Avner, 1979).

La causa principal de la corrosión es la inestabilidad del material refinado, es decir, que el material tiende a volver a su estado de origen a través de los procesos de corrosión (Avner, 1979). A continuación, se listan los tipos de corrosión y sus particularidades (Avner, 1979).

Corrosión uniforme

Se identifica con este nombre a la clase de corrosión que ataca toda la superficie por igual, en el caso de los metales este es un tipo de corrosión fuera de lo común.

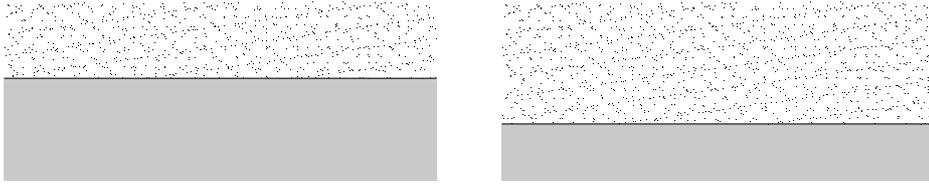


Figura 1: Corrosión uniforme (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

Corrosión localizada

Es consecuencia de las zonas no homogéneas existentes en el material, que generen diferencias de potencial entre estas y otras zonas de su entorno. Normalmente, se manifiesta con la formación de huecos profundos y aislados.

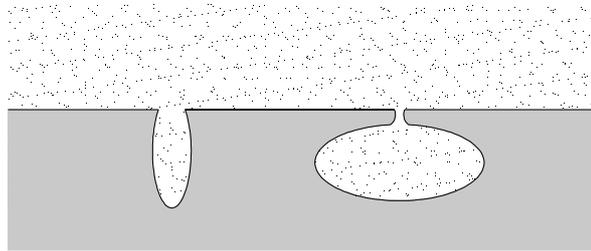


Figura 2: Corrosión localizada (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

Corrosión por cavitación

Se produce cuando existe un flujo de un líquido contenido en una superficie cerrada (Ej: tubería). Cuando existe un aporte de temperatura, o un descenso puntual de la presión el líquido, es capaz de cambiar de estado formando burbujas que viajan por él; en ciertos lugares, donde las condiciones vuelven a ser las anteriores, el fluido hecho vapor vuelve a su estado líquido de manera súbita, implotando y dando lugar a presiones localizadas muy grandes. Si esto sucede contra la superficie del metal que contiene al líquido, se producen picaduras y zonas de desprendimiento de material. En caso de persistir el fenómeno, se agrava la situación hasta formar profundos agujeros y depresiones.



Figura 3: Corrosión por cavitación en tres etapas (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

Corrosión por grieta o rendijas

Se produce en los puntos de unión de dos piezas expuestas a ambientes corrosivos, suele ocurrir en grietas o uniones que retengan soluciones y por su ubicación tengan mayor dificultad para secarse.

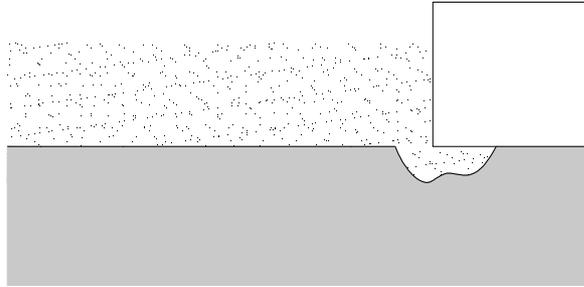


Figura 4: Corrosión por grieta (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

Corrosión intergranular

Se produce cuando existe una diferencia de potencial entre los límites de grano y el resto de la aleación. Esto tiene lugar, generalmente, cuando ocurre una precipitación de una fase desde una solución sólida. Este fenómeno suele ocurrir con mayor facilidad en las fronteras de grano, donde el material pierde cierta cantidad de elementos y se forma una diferencia de potencial que reacciona con otras partes del entorno. Normalmente, la extensión del daño no es apreciable visualmente y trae aparejado una disminución considerable de las propiedades mecánicas.

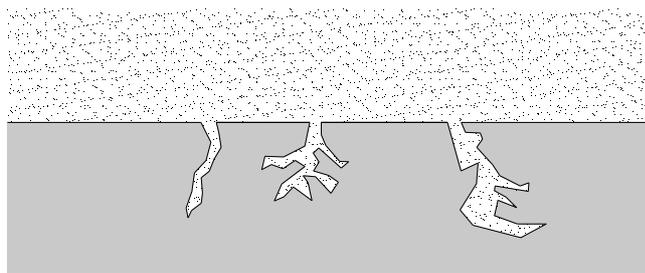


Figura 5: Corrosión intergranular (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

Corrosión por esfuerzo o bajo tensión

Sucede cuando el material está sometido a esfuerzos externos o tensiones internas excesivas, se manifiesta con una grieta o fisura transgranular, intergranular o una combinación de ambas.

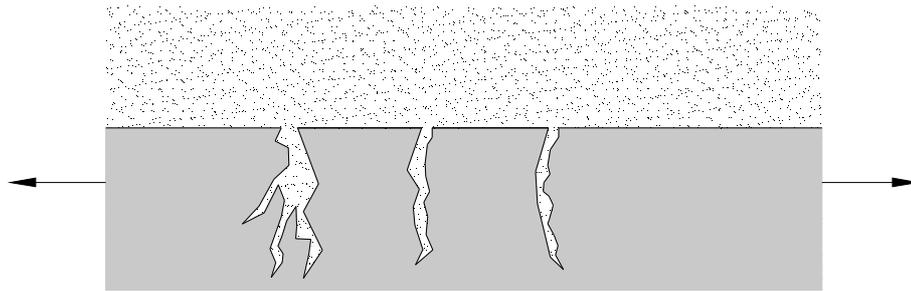


Figura 6: Corrosión por esfuerzo (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

2.2.4. Protección contra la corrosión

Los métodos para combatir la corrosión son (Avner, 1979) (ASM Int., 2001):

- Utilización de metales con alto grado de pureza.
- Adición de aleaciones.
- Utilización de tratamientos térmicos especiales.
- Diseño adecuado.
- Protección catódica.
- Empleo de inhibidores.
- Revestimientos superficiales.

2.2.5. Principios sobre desgaste

La Norma DIN 50320 define el desgaste como la pérdida progresiva del material de la superficie de un cuerpo sólido. Es, en general, un proceso complejo donde varios fenómenos actúan en conjunto, normalmente, no se puede atribuir el desgaste a uno solo de estos fenómenos. Es por esto que existen varios esquemas de clasificación en función de los mecanismos intervinientes, no existe uno universalmente aceptado pero en todos los casos las clasificaciones tienen aspectos similares.

A continuación, podemos ver el esquema de clasificación de Blau (ASM Int., 2001), en el cual se muestran 3 categorías basadas en el tipo de movimiento encontrado.

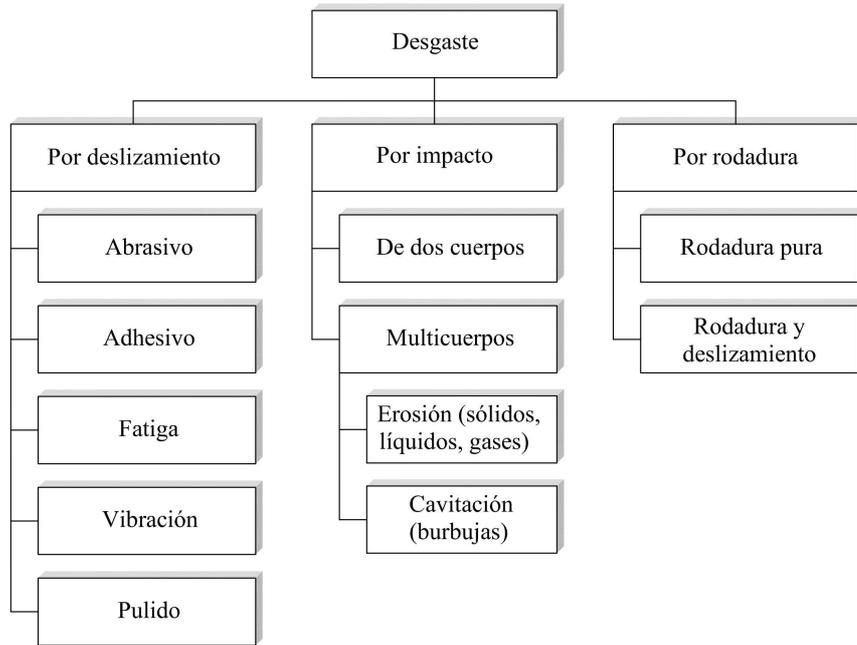


Figura 7: Clasificación de tipos de desgaste en función del movimiento relativo (ASM Int., 2001).

Otro esquema de clasificación es el trabajo de Budinski (ASM Int., 2001), quien reduce los procesos de desgaste a cuatro categorías.

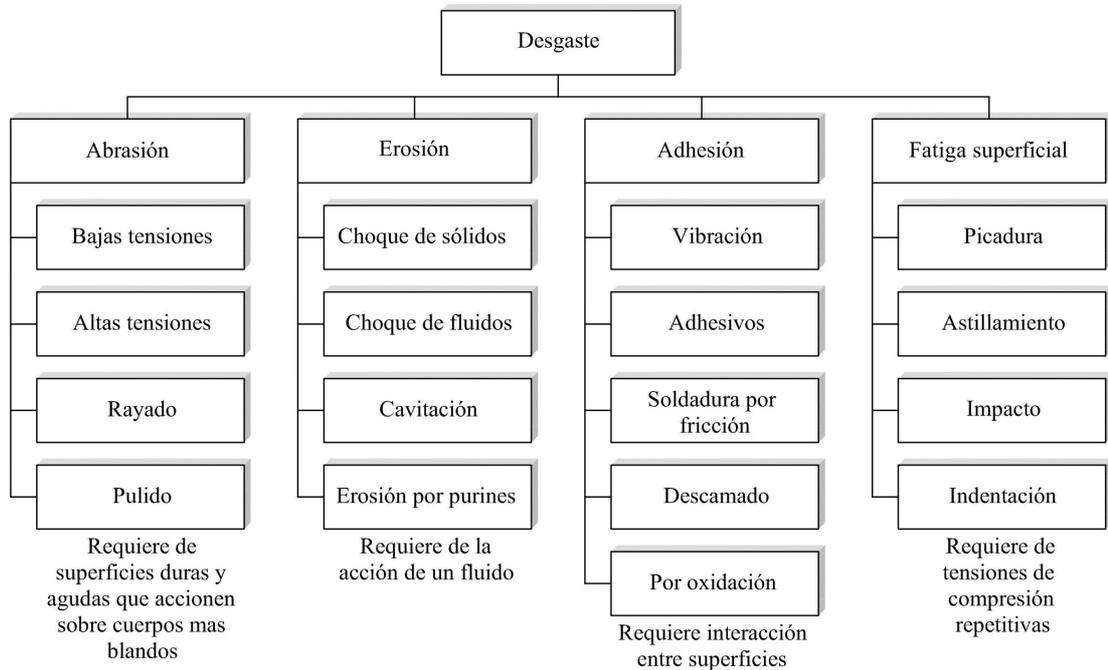


Figura 8: Clasificación de tipos de desgaste basado en los mecanismos de abrasión, erosión, adhesión y fatiga superficial (ASM Int., 2001).

Otros autores identifican la pérdida de material superficial con cuatro fenómenos físicos y químicos, los cuales son los siguientes (Devia Narvaez, 2012).

Desgaste adhesivo

Ocurre cuando dos superficies en contacto, adheridas fuertemente, se separan ocasionando una transferencia de material desde una a la otra o bien generando material libre.

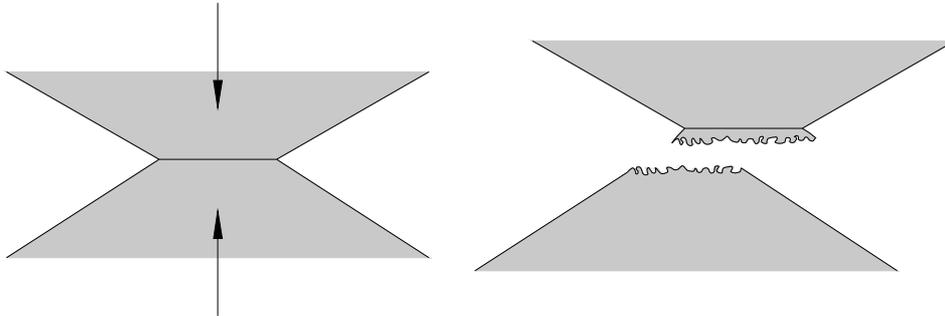


Figura 9: Mecanismo de desgaste Adhesivo (ASM Int., 2001).

Entre las superficies existe un área real de contacto, que difiere del área aparente observada. Es decir, a nivel superficial cada material posee diferentes tamaños de asperezas que dificultan el contacto de toda la superficie de ambas piezas. Cuando ocurre el contacto aplicando la fuerza necesaria para que este permanezca, dichas asperezas se deforman en mayor o menor grado, dependiendo de las características físicas del material, la carga y las impurezas que puedan llegar a existir. Diferentes autores han participado en la elaboración de modelos que expliquen este fenómeno, resumidamente se puede nombrar los siguientes mecanismos de adhesión.

- Teoría de interferencia mecánica: Establece que a menor grado de rugosidad la adhesión es mayor debido a que hay mayor superficie de contacto.
- Teoría de la difusión: Describe como los átomos y moléculas pueden difundirse a través de la superficie de la pieza y llegar a la otra superficie, esto depende de las características químicas de la superficie, los cambios en el potencial químico de la zona de difusión, la estructura cristalina y la temperatura.
- Teoría electrónica: Consiste en la transferencia de electrones entre las superficies.
- Teoría química: Establece la absorción en la interfaz debido a diferentes enlaces entre átomos de ambas superficies (iónicos, covalentes, metálicos y

Van der Waals). Esto puede generar nuevos compuestos en la superficie y cambiar características como el coeficiente de fricción entre ambas piezas.

Desgaste abrasivo

Consiste en la eliminación del material de la superficie de la pieza debido a la deformación y fractura de las asperezas (microscópicas) cuando existe un movimiento relativo entre ambas superficies en contacto. Es decir, que las crestas del material en exceso de las piezas sufren cizallamientos que causan su eliminación.

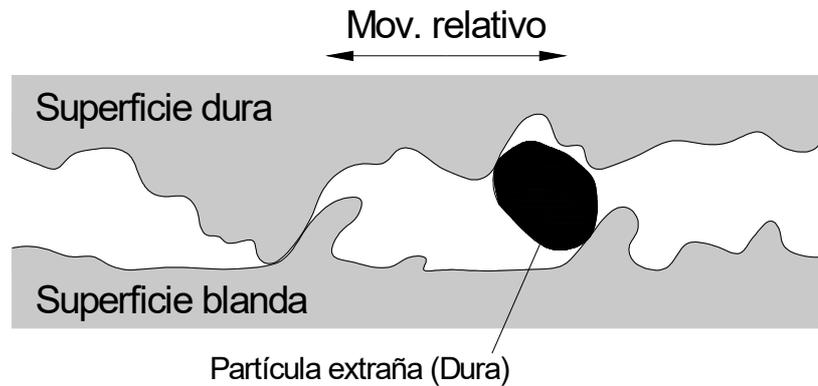


Figura 10: Desgaste Abrasivo (ASM Int., 2001).

Esta clase de desgaste puede formarse cuando existen dos superficies con movimiento relativo o, también, cuando hay involucradas tres o más piezas. Es decir, las dos superficies en contacto más una o varias partículas consideradas cuerpos extraños (suciedad) más duros que el material de los componentes sometidos a la fricción. En general, en cualquiera de los dos casos existen cuatro procesos, el microarado, la microfátiga, los microcortes y las microgrietas.

Desgaste triboquímico

Se presenta cuando dos superficies en contacto están expuestas a un ambiente que pueda causar corrosión, en este caso las superficies reaccionan con el ambiente formando películas de óxido.

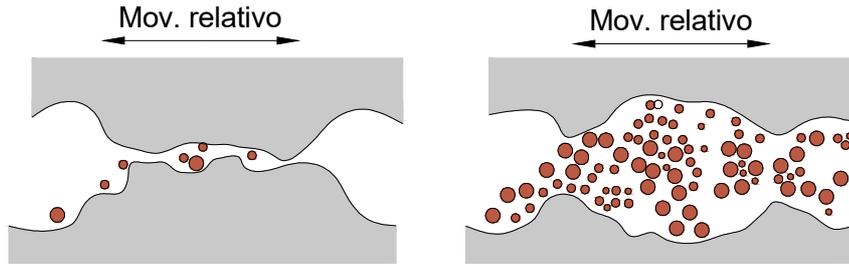


Figura 11: Desgaste triboquímico (ASM Int., 2001).

Los fenómenos a los cuales está asociado este desgaste son:

- Remoción de partículas que se oxidan.
- Formación de películas de óxido que impiden la formación de capas protectoras.
- Formación de películas abrasivas.
- Agrietamiento de las películas protectoras.

Desgaste por fatiga

Las piezas expuestas a ciclos de carga y descarga repetitivos suelen culminar su vida útil luego de un número crítico de ciclos que resultan en la rotura de la superficie en fragmentos.

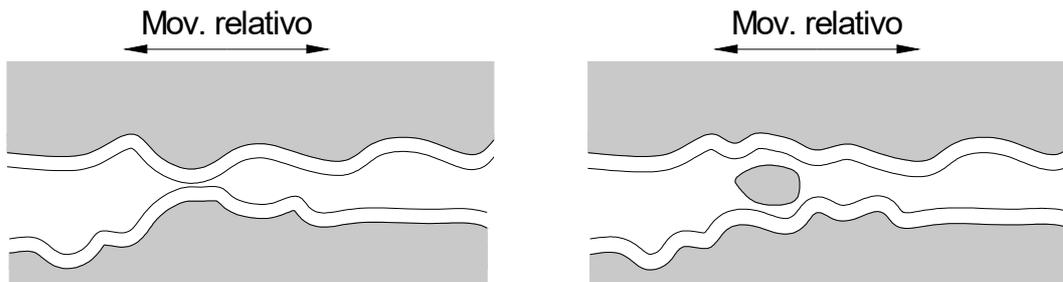


Figura 12: Desgaste por fatiga (ASM Int., 2001).

Esto depende de las propiedades elásticas de la pieza, la geometría de contacto, la intensidad de las cargas, etc. En general, existen dos tipos de grietas:

- Superficiales: Aparecen debido a defectos de las piezas como indentaciones o irregularidades de mecanizado.

- Subsuperficiales: Existen dentro del material debido a la presencia de inclusiones y defectos cristalinos.

2.2.6. Protección contra el desgaste

Los métodos utilizados para combatir el desgaste son las siguientes (Avner, 1979) (ASM Int., 2001).

- Electrodeposición.
- Anodizado.
- Rociado metálico.
- Revestimientos.
- Tratamientos termoquímicos de modificación superficial.

2.2.7. Costos debidos a la corrosión y el desgaste

El hecho de poner en servicio mecanismos o estructuras cuyos componentes no están debidamente protegidos contra la corrosión y el desgaste, trae aparejados innumerables costos económicos debido a la paulatina destrucción de dichos componentes.

Debido a los fenómenos de corrosión y desgaste, el continuo deterioro de las piezas o partes de mecanismos produce una disminución del rendimiento de una planta industrial, generando costos adicionales para la industria y disminuyendo su productividad.

En los Estados Unidos las pérdidas estimadas, debido a la corrosión en el año 1995, rondaban los 300 billones de dólares por año (ASM Int., 2001); esto se puede ver reflejado en la tabla siguiente.

Costos de ocasionados por corrosión en los Estados Unidos (Billones de dólares)		
Industria	1975	1995
Todas		
Total	82,0	296,0
Evitable	33,0	104,0
Motores de vehículos		
Total	31,4	94,0
Evitable	23,1	65,0
Aviación		
Total	3,0	13,0
Evitable	0,6	3,0
Otras		
Total	47,6	189,0
Evitable	9,3	36,0

Tabla 1: Resumen de costos generados por la corrosión de metales en los Estados Unidos (ASM Int., 2001).

Algo similar sucede con las fallas por desgaste, en este caso los datos provistos por ASM International (2001), volcados en la tabla 2, muestran la pérdida de masa, de los componentes, representada en función de la energía perdida.

Operación industrial con consecuencias económicas significativas de desgaste anual		
Industria	Operación	Masa Perdida [10¹²Btu]
Utilidades (28% del consumo total de U.S.)	Accesorios, seguridad, etc.	505
Minería	Procesado de oro, minería de superficie y profundidad	52,34
Agricultura	Labranza y plantación	19,32
Producción primaria de metal	Laminado en frío y caliente	14,44
<i>Se asume 19,2x10⁶ Btu por tonelada de energía representada en pérdida de peso de acero.</i>		

Tabla 2: Resumen de costos generados por el desgaste de metales en los Estados Unidos (ASM Int., 2001).

Tanto, desde el punto de vista de ingeniería, como desde el punto de vista ambiental se sabe que los datos expuestos se traducen como pérdidas de recursos; ya que, debido a la falta de cuidado de los componentes, se producen procesos irreversibles, pues el material deteriorado (es decir, la proporción que se desprende durante el

desgaste o corrosión) es diseminado en diferentes lugares, siendo imposible recoger este para posterior reciclado y obtención de acero. Lo que podría asociarse a un concepto similar al aumento de entropía.

2.2.8. Técnicas de tratamiento superficial contra la corrosión y el desgaste

Existen diferentes enfoques para los diversos métodos de endurecimiento superficial; si se tiene en cuenta la interacción entre el proceso y el sustrato podremos separarlos en los siguientes:

- Tratamientos sin cambios en la composición de la superficie: Son aquellos procesos donde no se agregan elementos que cambien la composición química de la superficie; es decir, especies endurecedoras, sino que se modifica la microestructura superficial de la pieza endureciendo por interacción metalúrgica y cambios de fases del metal.
- Tratamientos con cambios en la composición de la superficie: Son procesos en los cuales se modifica la composición química de la superficie introduciendo especies endurecedoras al acero, tales como carbono y nitrógeno.
- Revestimientos: En estos tratamientos directamente se deposita una nueva capa de material sobre el sustrato de acero, cambiando la composición química superficial.

A continuación, se realiza una clasificación de las técnicas de tratamiento superficial de ingeniería de superficie (ASM Int., 2001).

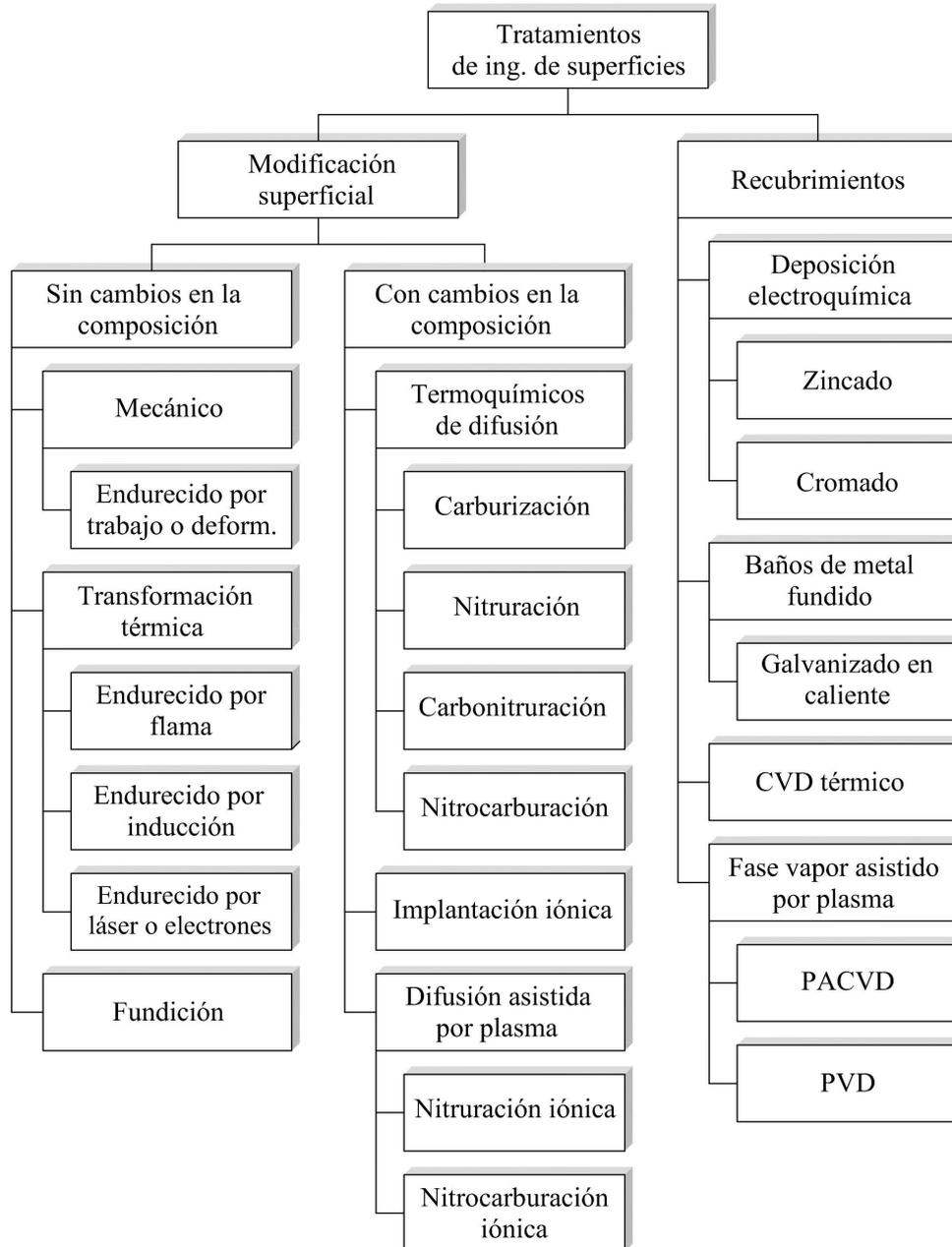


Figura 13: Clasificación de TTS.

2.2.9. Técnicas de tratamientos superficiales de interés

Teniendo en cuenta la clasificación anterior, se toma como área de interés para la tesis, aquellas técnicas en las que existe una interacción química entre el sustrato y el material aportado; que además, utilizan gases, líquidos o sólidos como insumos y generan efluentes de alguna clase. Es decir, las que se obtienen a partir de un cambio en la composición de la superficie y las que adicionan recubrimientos.

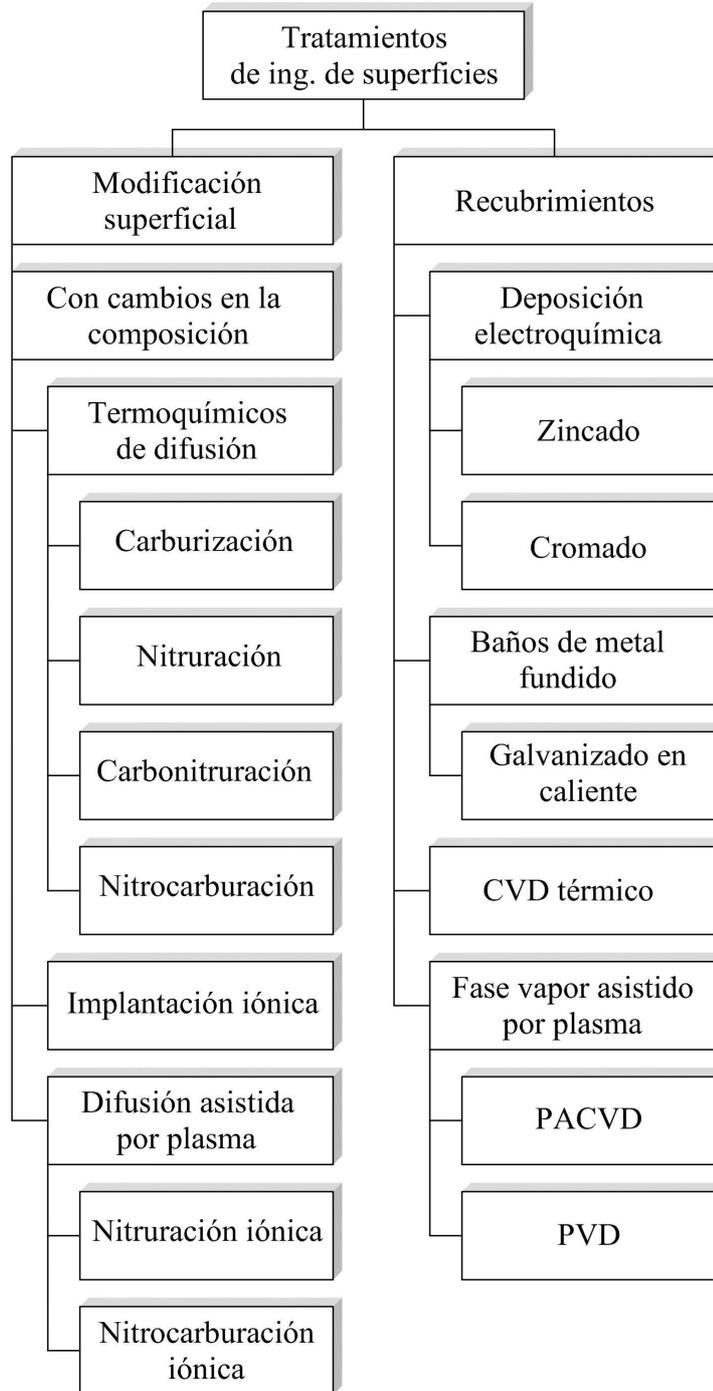


Figura 14: Clasificación de las TTS de interés

Métodos de modificación superficial

2.2.9.1. Técnicas termoquímicas de difusión

En los procesos de endurecimiento superficial termoquímicos se adiciona carbono, nitrógeno o una combinación de ambos por mecanismos de difusión sobre la superficie. El principio de este conjunto de tratamientos es el mismo.

Carburización

Es un tratamiento en el que se adiciona el carbono como especie endurecedora. Se utiliza para endurecer principalmente superficies de piezas de acero o aleaciones de acero con bajo contenido de carbono, es decir, hasta 0,2 % de C. El proceso se realiza calentando la pieza hasta la temperatura de austenización (850-950°C), luego, se somete la pieza a un medio carburante (sólido, líquido o gaseoso) por un determinado tiempo; desde algunas horas a días, en función del medio carburante. Se realiza el temple de la pieza donde la superficie carburada forma martensita. El sustrato e interior de la pieza conservan la composición química. Finalmente se realiza un revenido de la microestructura martensítica superficial obtenida.

En la pieza se obtiene un gradiente superficial en la concentración de carbono el que genera un gradiente de dureza, que es mayor en la superficie y decrece hacia el interior. La superficie obtenida puede alcanzar dureza de 50 a 65 HRC y resistencia al desgaste, conservando la tenacidad del interior de la pieza (ASM Int., 2001).

Carburización gaseosa

También llamada cementación, se mantienen las piezas a una temperatura de entre 815 y 980°C, expuestas a una atmósfera carburante de gas metano o propano diluido, durante un periodo de tiempo de 1 a 8 horas, de esta forma se pueden obtener capas cementadas de 75µm a 1,5 mm de profundidad con durezas de 50 a 63HRC (ASM Int., 2001). En casos especiales se emplean procesos más largos obteniendo capas cementadas de mayor espesor. Para este proceso, las instalaciones son complicadas y costosas, pero, la cementación de las piezas es muy sencilla y rápida. Se obtienen resultados muy regulares y se pueden cementar grandes cantidades de piezas en muy poco tiempo. En la actualidad, la cementación gaseosa es el método de endurecimiento superficial más empleado en grandes talleres donde se preparan

cantidades importantes de piezas cementadas. Este procedimiento está sustituyendo en muchos casos a la cementación sólida, y a la cementación líquida.

Carburización sólida

En la carburización sólida la pieza a tratar es calentada entre 815 y 1090°C en un horno cerrado y en contacto con un compuesto de carburización sólido. Se pueden obtener capas cementadas de 125µm a 1,5mm de profundidad con durezas de 50 a 63HRC (ASM Int., 2001). Este es el método más antiguo de los procesos de carburización y fue el más empleado durante muchos años. Su uso ha disminuido significativamente en los últimos años, debido a las limitaciones inherentes del proceso y a la mejora de las otras técnicas de carburización (principalmente la gaseosa). A pesar de las limitaciones, la carburización sólida aún ofrece algunas ventajas atractivas, lo cual hace que siga siendo empleada en algunos talleres que requieran producción a baja escala, tales como la posibilidad de emplear una gran variedad de hornos, la posibilidad de obtener velocidades de enfriamiento bajas dando la posibilidad de mecanizar las piezas luego del tratamiento y, debido a que se emplea un compuesto carburizante sólido, la pieza es contenida en él y se genera muy poca distorsión. Entre las desventajas se pueden mencionar los problemas ambientales asociados a la disposición de los compuestos carburizantes que contienen bario, requieren considerable mano de obra y mayor tiempo de proceso, al igual que la dificultad de automatizar el proceso para posterior temple.

Carburización líquida

La pieza es inmersa en un baño de sales carburizantes a una temperatura de 815 a 980°C, obteniendo capas cementadas de 50µm a 1,5mm con durezas de 50 a 65HRC. Al igual que la carburización sólida, la carburización líquida ya no tiene la importancia comercial que tenía en el pasado. Esto se debe, principalmente, a cuestiones ambientales; por la dificultad y costo asociado a la disposición de las sales, sobre todo, aquellas que contienen cianuro. Además, la remoción de las sales puede llegar a ser muy difícil en algunas piezas. Debido a las características de la transferencia térmica del baño de sales a la pieza, la pieza se calienta mucho más rápido y la carburización líquida se realiza en menor tiempo que la gaseosa. En general, las piezas se templean luego del baño, seguido de un revenido. La mayoría de

las sales de carburización contienen cianuro, en cuyos casos se introduce tanto carbono como nitrógeno a la capa. Sin embargo, también hay sales que no contienen cianuro y sólo introducen carbono a la pieza.

Carbonitruración

Es un tipo de carburización modificado, no una forma de nitruración. Involucra la difusión de carbono y nitrógeno a la superficie del acero, formando la capa dura por acción de ambos elementos. Puede ser llevado a cabo en la atmósfera gaseosa de un horno o en un baño de sales. En general, la carbonitruración se realiza a menores temperaturas que la carburización gaseosa, entre 775 y 900°C contra 850 a 950°C, respectivamente. Los períodos de tiempo también son más cortos. Si se combinan estos parámetros con el hecho de que el nitrógeno inhibe la difusión del carbono, la carbonitruración resulta en capas más duras, pero de menor profundidad que en la carburización gaseosa. Los aceros carbonitrurados conservan, luego del revenido, durezas más elevadas que los cementados, debido a la presencia del nitrógeno en la capa dura. Otra propiedad interesante de los aceros carbonitrurados, es su mayor resistencia al ablandamiento y al desgaste a alta temperatura, cuando las piezas deban trabajar en caliente.

Carbonitruración gaseosa

Para realizar este tratamiento se introduce en el horno un gas endotérmico y amoníaco, que son las fuentes de carbono y nitrógeno, respectivamente. Cualquier equipo que sirva para la carburización gaseosa puede ser utilizado para carbonitrurar, ya que, sólo es necesario agregar de 2 a 12% de amoníaco a la misma atmósfera empleada en la carburización gaseosa. Por lo general, se pueden carbonitrurar aceros con contenidos de carbono de hasta 0,50%. La pieza se mantiene entre 760 y 870°C logrando profundidades de capa de 75µm a 0,75mm y alcanzando durezas superficiales de 50 a 65 HRC (ASM Int., 2001).

Carbonitruración líquida - cianuración

Se mantiene la pieza entre 760 y 870°C logrando espesores de capa desde 2,5 a 125µm con durezas entre 50 y 65 HRC (ASM Int., 2001). Se emplea para endurecer superficialmente a pequeñas piezas de aceros de bajo y medio carbono, con o sin

aleación. Al igual que en la carburización líquida, en la carbonitruración líquida o cianuración, la pieza es inmersa en un baño de sales carburizantes. Ambas técnicas son similares. Se distinguen entre sí por la profundidad y composición química de la capa producida.

La principal desventaja de la cianuración es la baja profundidad de la capa siendo el contenido de nitrógeno mayor que en la carburización líquida. Esto se logra incrementando el contenido de cianuros en el baño de sales.

Nitruración

Es una técnica de endurecimiento superficial de aleaciones ferrosas, en el que se consiguen durezas extraordinarias en la superficie de las piezas por absorción de nitrógeno. Se realiza en una atmósfera de amoníaco y sin la necesidad de un temple final. Las piezas que se desean nitrurar son siempre templadas y revenidas antes de la nitruración. La nitruración se realiza en una atmósfera de amoníaco a 500-550°C, durante 20 a 80 horas. Se alcanzan profundidades de capa de 2,5µm a 0,75 mm y durezas entre 50 y 70 HRC. Dado que, después de la nitruración, las piezas ya adquieren dureza superficial, no es necesario enfriarlas rápidamente desde la temperatura de nitruración. Esto evita las deformaciones provenientes del enfriamiento rápido. Además, siempre que la temperatura de nitruración sea inferior a la temperatura de revenido, las propiedades mecánicas del núcleo de la pieza quedarán inalteradas y serán las mismas a las obtenidas previamente del tratamiento de temple y revenido. Por ser relativamente baja la temperatura de nitruración, no hay crecimiento de grano. Tampoco es necesario someter las piezas nitruradas a ningún tratamiento de regeneración posterior. Los pasos completos del proceso de nitruración suelen ser los siguientes:

- Mecanizado de las barras laminadas o piezas en bruto de forja o estampado, dejando un exceso de 2 mm sobre las medidas finales.
- Temple y revenido a una temperatura tal que el núcleo consiga la dureza o resistencia deseada.
- Mecanizado final de las piezas, dejándolas casi exactamente a las medidas finales.

- En algunos casos se somete a las piezas a un tratamiento a 500-600 °C (temperatura inferior a la de revenido) para eliminar las tensiones de mecanizado.
- Protección de las superficies que no se quiere endurecer y desengrasado.
- Nitruración.
- Ligero rectificado final (opcional).

Dentro de las ventajas del tratamiento de nitruración podemos mencionar la obtención de un grado de dureza mayor que los obtenidos por cementación; que además, se puede mantener a elevadas temperaturas, gran resistencia a la corrosión por parte de diferentes agentes corrosivos y la ausencia de deformaciones de la pieza debido a que no es necesario realizar un enfriamiento rápido.

Nitruración gaseosa

Se somete a la pieza a una atmósfera de gas amoníaco a temperaturas de entre 480 y 590°C logrando penetraciones de 125µm a 0,75mm con durezas de 50 a 70HRC.

Nitruración líquida

Es un proceso similar a la carburización líquida, donde se somete a la pieza a un baño de sales a temperaturas de entre 510 y 565°C logrando penetraciones de 2,5µm a 0,75mm con durezas de 50 a 70HRC.

Nitrocarburación

La nitrocarburación, es una técnica de nitruración modificada y no una forma de carburización. Se introduce nitrógeno y en menor cantidad carbono, en forma simultánea en el acero en fase ferrítica. Este proceso se aplica en forma exitosa a la mayoría de los metales ferrosos, incluyendo aceros al carbono forjados, obtenidos de metalurgia de polvos, aceros de corte libre, microaleados, aleados, aceros para herramientas, aceros inoxidables y fundiciones. La capa obtenida varía entre 2,5 y 25µm con durezas de 40 a 60HRC, obteniendo excelentes propiedades antirallado y resistencia al desgaste, con distorsión mínima. El tratamiento puede ser llevado a cabo en un baño de sales líquido, o en una atmósfera gaseosa.

Nitrocarburation gaseosa

Al igual que la nitrocarburation líquida, existen varios procesos patentados de usos particulares. En general, se puede decir que el tratamiento se realiza a 450-590°C y una duración de entre 1 y 3 horas, en una atmósfera de amoníaco y gas endotérmico.

Nitrocarburation líquida

La nitrocarburation líquida comenzó a usarse en la década de 1940, empleando baños de sales con alto contenido de cianuros. Los problemas ambientales y costos asociados en el tratamiento de efluentes llevaron al desarrollo de baños de sales con bajo cianuro, no tóxicos. Los principales componentes del baño son sales de cianuros y cianatos de metales alcalinos, predominantemente sodio y potasio. En general, para tratar las piezas se realiza un precalentamiento en aire hasta 350°C, luego se introduce la pieza para nitrocarburar en un baño de sales a 570-580°C por 1-2 horas, se realiza un enfriamiento intermedio a 400°C y luego un enfriamiento a temperatura ambiente. Finalmente se realiza la limpieza de la pieza.

Dentro de las ventajas de esta técnica se puede mencionar la obtención de piezas con elevada resistencia a la corrosión, buena uniformidad de capa y baja distorsión, es un proceso simple con pocos parámetros a monitorear y alta flexibilidad.

Nitrocarburation en sales Tenifer

La nitrocarburation en baños de sales Tenifer, es una derivación de la nitruración líquida; donde, el tiempo de permanencia de las piezas dentro del baño de sales es mucho menor que el de la nitruración líquida, por lo cual, se hace mucho más económico. Se lleva a cabo en temperaturas de entre 480 y 620°C con temperatura estándar de aproximadamente 580°C. Las durezas alcanzan entre 64 y 66 HRC.

2.2.9.2. Implantación iónica

Involucra los métodos de bombardeo de materiales sólidos con átomos ionizados de media y alta energía depositando especies endurecedoras en la superficie de la pieza. Esta técnica no posee las limitaciones de otros procesos ya que al producir una mejora en la superficie tratada con baja temperatura, no ocasiona distorsión de la pieza y, además, posee buena adherencia al sustrato imposibilitando su descamado.

Durante la implantación los iones se depositan rápidamente en la superficie y la zona circundante (interna) produciendo velocidades de enfriamiento muy elevadas y permitiendo la formación de compuestos, la región modificada es de unos pocos micrones de espesor. El método se utiliza comercialmente para aplicaciones relacionadas con las herramientas, la biomedicina y algunos tipos de recubrimientos. Para el caso de los aceros y las aleaciones de níquel, cobalto, aluminio y cromo se utilizan temperaturas de hasta 150°C, obteniendo espesores de capa de 0,1 a 1µm y dureza entre 80 y 90 HRC (ASM Int., 2001).

La implantación iónica produce resultados excepcionales en la reducción del desgaste, la corrosión y la fricción. Particularmente, la implantación de nitrógeno es ampliamente utilizada para mejorar la resistencia al desgaste y la corrosión de herramientas, matrices de estampado, inyección de plásticos, entre otras, donde incrementan notablemente la vida útil de las piezas (ASM Int., 2001).

2.2.9.3. TTS asistidas por plasma

El plasma es un tipo especial de gas ionizado, se lo considera como el cuarto estado de la materia. Es un gas cuasi neutro desde el punto de vista macroscópico, ya que el número de cargas positivas y negativas es casi igual (Brühl, 2007).

Una propiedad interesante para los tratamientos asistidos por plasma, es la capacidad del plasma de moverse y distribuirse cuando existe una perturbación electrostática; en ese caso las cargas se mueven hacia dicha perturbación neutralizándola, por ejemplo, al utilizar como ánodo una pieza a tratar los iones positivos se mueven hacia la pieza interactuando con la superficie (Brühl, 2007).

La estabilidad del plasma depende de la presión del sistema ya que a baja presión (0,09mbar) disminuye la probabilidad de colisiones y de ionización de las moléculas, por lo que el plasma se mantiene más estable requiriendo menor energía eléctrica consumida. Estos procesos tienen como ventaja el control del tratamiento a través de parámetros eléctricos e hidrodinámicos, la posibilidad de realizar limpieza fina de la superficie antes y durante el proceso, muy buena reproducibilidad, temperaturas de proceso bajas y ausencia de residuos gaseosos o líquidos (Brühl, 2007).

En los procesos de difusión asistidos por plasma o también llamados nitruración iónica y nitrocarburation iónica para diferenciarlos de los tradicionales se incorpora nitrógeno y carbono difundiendo en la superficie del material y permaneciendo como solución sólida o bien formando compuestos como nitruros o carburos.

Nitruración iónica

En este, el gas de trabajo es una mezcla de hidrógeno y nitrógeno, en algunos casos se utiliza amoníaco. El fin es introducir nitrógeno atómico al material proveniente de diferentes especies activas, nitrógeno molecular N_2 , nitrógeno molecular ionizado N_2^+ , ion nitrógeno N^+ o iones amonio NH_2^+ y NH_2^{++} (Brühl, 2007).

Dependiendo del material, la dureza de la capa obtenida varía entre 50 y 70 HRC con espesores desde $10\mu m$ a $0,75mm$ y temperaturas alrededor de 340 a $565^\circ C$ según sean los requerimientos (ASM Int., 2001). Además de las ventajas dichas en el punto anterior, correspondientes a las técnicas asistidas por plasmas, existen otras como la aplicabilidad a diversos materiales y la baja distorsión gracias a las bajas temperaturas de operación, se puede realizar una nitruración selectiva simplemente aplicando una máscara metálica a la pieza a tratar y permite la nitruración en capas homogéneas en piezas de superficies complejas e intrincadas tales como engranajes, matrices de inyección plástica, etc.

Nitrocarburation iónica

El impulso de las técnicas asistidas por plasma, en este caso, se ha debido al hecho de que en muchos países se ha prohibido el uso de sales (cianatos) por ser contaminantes y las técnicas que utilizan medios gaseosos tienen como residuo inevitable el NH_3 . El equipo utilizado para esta técnica es similar al de nitruración iónica, solo se deben ajustar parámetros de tiempo, temperatura (alrededor de $560^\circ C$) y composición del gas que formará el plasma. Se utiliza el N_2 , H_2 y H_2S , el carbono en este caso lo provee el propio acero a tratar (Brühl, 2007). Otras variantes de este proceso utilizan N_2 , H_2 y C_2H_2 .

Métodos de adición de recubrimientos

2.2.9.4. Deposición electroquímica

Estas técnicas están referidas a procesos de recubrimientos de forma electrolítica sobre una superficie metálica. Se puede realizar en forma catódica o anódica dependiendo si la pieza se coloca en el cátodo o ánodo del circuito. En el caso de ser de forma catódica, sobre la pieza se deposita una capa de un metal noble, en cambio, en el caso de utilizar la forma anódica, sobre la pieza se forman óxidos del mismo metal para que aisle y proteja a la pieza (Santillan Espinoza y Sandoval Silva, 2013).

Se hace referencia a los tratamientos catódicos debido a que tienen mayor interés en la tesis, estos tienen por finalidad proteger a la pieza contra la corrosión, mejorar el aspecto de la pieza a nivel superficial y aumentar propiedades superficiales como la dureza, conductividad, lubricación, etc.

Zincado electrolítico

En este proceso se deposita sobre la pieza una capa de zinc por medio de una corriente continua. Es utilizado para proteger piezas pequeñas que requieren un acabado más uniforme y delicado del que proporciona el galvanizado en caliente. La pieza resulta con excelente terminación, sin poros y no es afectada por la temperatura. La temperatura de operación del proceso es aproximadamente 25°C y se puede depositar capas de zinc de entre 5 y 30 µm, con durezas inferiores a 22HRC. Es ventajoso en piezas, por ejemplo, de bulonería, donde las dimensiones de las roscas no son afectadas por el espesor del recubrimiento. Otro aspecto importante se da al momento de doblar, plegar o modificar la pieza metálica, proceso en el cual no existe pérdida del recubrimiento ya que la capa protectora se encuentra adherida electrolíticamente al material zincado.

Cromado electrolítico o cromo duro

Generalmente es utilizado con fines decorativos y para piezas en las que se necesitan espesores de varios milímetros y durezas apreciables. Para realizar el proceso se utiliza un baño de cromo hexavalente (Cr^{+6}) y usualmente otros componentes. El tratamiento se realiza a baja temperatura, generalmente por debajo de los 60°C. Se

pueden obtener durezas de hasta 68 HRC, resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión y buen coeficiente de fricción (Rojas Cruz, 2008).

La mayor desventaja que tiene este tratamiento está dada por los efectos nocivos que provocan los desechos del proceso que contienen cromo hexavalente, el cual, es altamente tóxico para la vida y el ambiente, al punto tal que los organismos ambientales e industriales a nivel mundial han publicado masivamente los desastrosos efectos vinculándolo al cáncer, abortos espontáneos y malformaciones en bebés (Rojas Cruz, 2008).

2.2.9.5. Baños de metal fundido

Es una técnica de deposición de un recubrimiento sobre una superficie metálica, se obtiene al sumergir el componente en un baño de metal fundido. En los pasos previos, la pieza se limpia completamente utilizando diferentes insumos. Para realizar esto, el metal de recubrimiento debe tener un punto de fusión menor que el del metal base. En general es un método muy económico.

Galvanización en caliente

La galvanización en caliente es un procedimiento para recubrir piezas terminadas, de hierro o acero, mediante su inmersión en un crisol de zinc fundido a 450 °C. Tiene como principal objetivo evitar la corrosión que la humedad y la contaminación ambiental pueden ocasionar sobre el hierro. Durante el galvanizado por inmersión en caliente, el zinc fundido produce una reacción con el hierro y forma una serie de capas de aleación de zinc-hierro de gran adherencia a la superficie. La capa exterior quebradiza de zinc sirve de protección galvánica frente a la corrosión del metal base. Sin embargo, aun cuando la superficie resultante se pasiva rápidamente, el espesor de la capa de zinc va reduciéndose progresivamente en función de las condiciones externas.

La estructura superficial formada es compleja. Realizando un corte transversal en una pieza tratada se pueden observar diferentes capas: en la base, el sustrato, existe una capa delgada inmediatamente encima, conocida como capa gamma y tiene un espesor aproximado de 1µm constituida por una aleación de hierro y zinc que contiene un 25% de hierro, la capa siguiente es la capa delta, formada por una

aleación que tiene aproximadamente un 10% de hierro, la capa más gruesa es la zeta, que contiene un 6% de hierro; finalmente, la capa más externa, denominada eta, está constituida por zinc prácticamente puro. En general las capas delta, zeta y eta suman alrededor de 200 μm . Se genera una estructura resistente debido a la especial combinación de propiedades mecánicas que tienen las capas que los componen. La dureza típica de los aceros dulces es de 1HRC. Las capas de aleaciones zinc-hierro son bastante más duras, hasta 23HRC, mientras que la capa externa de zinc es más blanda y dúctil que el acero y las capas de aleación.

2.2.9.6. CVD térmico

El CVD térmico, es llamado así por sus iniciales, Chemical Vapour Deposition. Es el proceso anterior a los procesos de recubrimiento asistidos por plasma, este implica la formación de una película sólida sobre una superficie, a partir de la reacción química de especies en fase gaseosa. La técnica posee la versatilidad de depositar varios elementos y compuestos, posibilitando la formación de estructuras multicapa y gradientes de concentración (Brühl, 2007).

En particular el CVD térmico logra la temperatura apropiada para que las reacciones ocurran a través del calentamiento resistivo, pero en ocasiones, estas temperaturas son tan elevadas que afectan las propiedades del sustrato. En general, se pueden describir las etapas por las que pasan los gases precursores de la siguiente forma (Brühl, 2007):

- Transporte del gas hasta la zona de deposición.
- Transporte del reactivo hasta la superficie del sustrato.
- Adsorción de los reactivos en la superficie.
- Reacciones físico-químicas que forman la película.
- Desorción de subproductos de la reacción.
- Transporte de los últimos a la corriente gaseosa.
- Transporte de ellos fuera de la zona de deposición.

En este tipo de tratamientos se trabaja con temperaturas en el orden de 900 a 1100°C depositando capas de entre 1µm y 1,3mm y obteniendo una dureza del orden de los 90 a 92 HRC (ASM Int., 2001).

2.2.9.7. Recubrimientos por plasma a partir de fase vapor

PACVD

La técnica PACVD, Assisted Chemical Vapour Deposition, consiste en la deposición de recubrimientos en fase de vapor con reacciones químicas asistidas por plasma y surge como consecuencia de la necesidad de procesar el material con menor temperatura que la del CVD térmico, esto se logró reemplazando la energía térmica por energía eléctrica, disociando una fracción del material a depositar por medio de impactos electrónicos en el plasma, creando las especies reactivas; en consecuencia, no es necesaria tanta temperatura. De todas formas, la superficie siempre se calienta de forma resistiva para acelerar los procesos y mejorar la calidad superficial (Brühl, 2007).

Con esta técnica se logran obtener procesos de recubrimiento a menores temperaturas, por ejemplo, en el caso de la deposición de nitruro de titanio el CVD térmico requiere entre 900 y 1100°C y el PACVD solo 500°C (Brühl, 2007).

En este tipo de tratamientos se trabaja con temperaturas en el orden de 500°C depositando capas de entre 1µm y 1,3mm, obteniendo una dureza del orden de los 90 a 92 HRC (ASM Int., 2001).

PVD

Esta técnica tiene como diferencia el mecanismo para generar y transportar el vapor del material y la forma en que luego es depositado sobre el sustrato. En este caso se utilizan medios físicos para obtener más especies de un material llamado blanco, evaporarlas y depositarlas sobre el sustrato, es decir, que no hacen falta reacciones químicas. Para llevar a cabo el proceso es necesaria poca temperatura, entre 200 y 500°C lo que implica que el rango de posibilidad de uso en piezas de diferentes materiales se amplía. Además, es necesario un alto vacío para mantener libre el camino entre el blanco y el sustrato, del orden de 0,01 a 1 Pa de trabajo, por lo que existe ausencia de residuos gaseosos; los gases reactivos que existen en pequeñas

cantidades son N_2 , H_2 , CH_4 , C_2H_2 , dependiendo del compuesto que se quiera formar, la capa de recubrimiento alcanzada varía entre 0,025 y 10 μ m y una dureza de más de 90 HRC, con tiempos de proceso de 1 a 2 horas. Este tratamiento domina el área de los recubrimientos de nitruros y carbonitruros de titanio sobre herramientas de acero, alcanzando durezas 5 veces superiores que las alcanzadas con otros procesos (Brühl, 2007).

Los procesos PVD demandan mayor inversión y tecnología que los CVD o nitruración iónica, esto se debe al alto vacío, las fuentes de iones o campos magnéticos necesarios para sostener las descargas y los haces de electrones necesarios para fundir el material.

2.2.10. Comparación técnica entre TTS

Se presenta a continuación un resumen de las TTS desarrolladas en el marco teórico.

Se agrupan de acuerdo a las diferentes propiedades nombradas y en sentido creciente de izquierda a derecha. En este resumen se pueden apreciar los rangos de utilización de cada tratamiento según la propiedad deseada.

Dureza - protección contra el desgaste [HRC]									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Zincado Electrolítico (< 22)				Carburización Gaseosa (50 a 67)				Implantación Iónica (80 a 90)	
Galvanizado en Caliente (< 23)				Carburización Sólida (50 a 63)				CVD Térmico (90 a 92)	
				Carburización Líquida (50 a 65)				PACVD (90 a 92)	
				Nitruración Gaseosa (50 a 70)				PVD (> 90)	
				Nitruración Líquida (50 a 70)					
				Carbonitruración Gaseosa (50 a 65)					
				Carbonitruración Líquida (50 a 65)					
				Nitrocarburación Gaseosa (40 a 60)					
				Nitrocarburación Líquida (40 a 60)					
				Nitruración Iónica (50 a 70)					
				Nitrocarburación Iónica (40 a 60)					
						Cromo Duro (68)			

Figura 15: Diferentes órdenes de dureza correspondiente a cada TTS

Protección Contra la Corrosión				
Baja	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
		Carburización Gaseosa	Nitruración Gaseosa	Implantación Iónica
		Carburización Sólida	Nitruración Líquida	
		Carburización Líquida	Nitrocarburación Gas.	
		Carbonitruración Gas.	Nitrocarburación Líq.	
		Carbonitruración Líq.	Nitruración Iónica	
		Zincado Electrolítico	Nitrocarburación Iónica	
		Galvanizado en Caliente	CVD Asistido por Plasma	
			PACVD	
			Cromo Duro	
			PVD	

Figura 16: Diferentes niveles de resistencia a la corrosión correspondiente a cada TTS

Temperatura de proceso [°C]									
0	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350
Implantación Iónica (< 150)			Nitruración Gaseosa (480 a 590)		Carburización Gaseosa (815 a 980)				
Zincado Electrolítico (25)			Nitruración Líquida (510 a 565)		Carburización Sólida (815 a 1090)				
Cromo Duro (< 60)			Nitrocarburación Gas. (450 a 590)		Carburización Líquida (815 a 980)				
			Nitrocarburación Líq. (570 a 580)		Carbonitruración Gas. (760 a 870)				
		Nitruración Iónica (340 a 565)			Carbonitruración Líq. (760 a 870)				
			Nitrocarburación Iónica (450 a 590)			CVD Térmico(900)			
			Galv. en Caliente (450)						
			PACVD (500)						
		PVD (200 a 500)							

Figura 17: Diferentes temperaturas de proceso correspondiente a cada TTS

Espesor de capa endurecida [µm]									
0	10	25	75	150	300	500	750	1250	1500
			Carburización Gaseosa (75µm a 1,5mm)						
			Carburización Sólida (125µm a 1,5mm)						
			Carburización Líquida (50µm a 1,5mm)						
			Nitruración Gaseosa (125µm a 0,75mm)						
		Nitruración Líquida (2,5µm a 0,75mm)							
		Carbonitruración Gaseosa (75µm a 0,75mm)							
	Carbonitruración Líquida (2,5µm a 125µm)								
	Nitrocarburación Gaseosa (2,5µm a 25µm)								
	Nitrocarburación Líquida (2,5µm a 25µm)								
	Implantación Iónica (0,1µm a 1µm)								
	Nitruración Iónica (10µm a 0,75mm)								
	Nitrocarburación Iónica (2,5µm a 125µm)								
	Zincado Electrolítico (5µm a 30µm)								
	Cromo Duro (7,5µm a 0,5mm)								
	Galvanizado en Caliente (100µm a 200µm)								
	CVD Térmico (1µm a 1,3mm)								
	PACVD (1µm a 1,3mm)								
	PVD (0,025 a 10µm)								

Figura 18: Diferentes espesores de capa correspondiente a cada TTS

2.2.11. Auditoría ambiental

Dentro de los instrumentos de gestión ambiental en la empresa, la auditoría ambiental (nombrada como AMA, por las siglas de Auditoría Medio Ambiental) fue uno de los primeros en crearse en Estados Unidos a finales de los 70. La AMA surge como un instrumento voluntario, no obstante, está comenzando a exigirse como requisito fundamental para ciertas situaciones.

La AMA es un instrumento de gestión que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva, de la eficacia de la organización, del sistema de gestión y de los procedimientos destinados a la protección del ambiente. Tiene por objetivo facilitar el control, por parte de la dirección, de las prácticas que puedan tener efectos sobre el ambiente, identificar problemas existentes o potenciales y evaluar su adecuación a las políticas ambientales de la empresa (Schinitman, 2016).

Los objetivos fundamentales, comunes a cualquier AMA, son los siguientes:

- Conocer el estado ambiental de la empresa.
- Identificar el grado de cumplimiento de la normativa aplicable a la instalación.
- Informar a los grupos interesados.
- Implantar las bases de un adecuado sistema de gestión medioambiental.

La AMA no debe ser considerada por la empresa simplemente como una obligación o forma de evitar sanciones. Se debe contemplar desde el punto de vista amplio, que una correcta gestión ambiental no solo beneficia al ambiente, sino también, a la empresa. Es un instrumento esencial para el aumento de la competitividad de las empresas, estas obtienen una serie de beneficios y ventajas con ella como:

- Ayuda a la conservación del ambiente y al cumplimiento de la normativa vigente.
- Facilita la comunicación externa e interna a todos los niveles.
- Amplía el conocimiento sobre las implicaciones ambientales de las instalaciones y las prácticas de la empresa.
- Proporciona ventajas frente a la competencia, como prestigio y buena imagen.

- Incentiva a la innovación tecnológica.
- Mejora el rendimiento y la eficiencia en la utilización de los recursos.
- Es una fuente de información fundamental para la empresa, que se utilizará para introducir cambios, para la toma de decisiones o nuevas iniciativas.
- Facilita la obtención de seguros especiales para cubrir riesgos ambientales.
- Facilita la obtención de licencias.
- Facilita la obtención de subvenciones o ayudas.

Existen tantos tipos de AMA como situaciones ambientales de las empresas. En el caso de la tesis, podemos mencionar la auditoría según su alcance como la AMA integrada, es decir, cuando el objeto es toda la instalación o bien la AMA sectorial, o sea, un diagnóstico parcial sobre algún aspecto de la actividad de la empresa. En relación a esta última clasificación, se utilizará una auditoría sectorial para analizar los tratamientos superficiales para aceros que son de interés para la tesis.

El auditor

La labor del auditor es muy variada y depende de la empresa en la que vaya a desplegar su actividad. No obstante, siempre es imprescindible que su formación sea sólida debiendo poseer conocimientos técnicos adecuados y experiencia práctica, teniendo una metodología de trabajo sistemática.

Las cualidades principales del auditor deben ser las siguientes.

- Capacidad de diálogo.
- Cualificación personal.
- Conocimientos técnicos suficientes.
- Honestidad y objetividad.

Los auditores deberán tener acceso a toda la información que consideren necesaria, o posibilidad de entrevistarse con los directivos, personal técnico o trabajadores, para poder llevar a cabo su trabajo y elaborar el informe auditor.

La responsabilidad del auditor será la de realizar correctamente la auditoría, para ello, deberá tener en cuenta las siguientes características.

- Definir clara y precisamente el objeto de su misión en un documento escrito previo al desarrollo de la auditoría.
- Buscar y exigir toda la información útil.
- Aconsejar de forma correcta al cliente.
- Redactar el informe, de manera tal, de lograr un documento riguroso y veraz.

Instrumentos de una auditoría ambiental

- Las entrevistas: Por medio del diálogo, permiten obtener información del personal de la empresa. Para realizar correctamente una entrevista se deberá prepararla anticipadamente con detenimiento, definir los objetivos de la entrevista y los resultados buscados, iniciarla en un ambiente propicio y con una relación constructiva con el entrevistado, preguntar a los entrevistados sobre sus tareas y responsabilidades y, por último, elaborar un documento de trabajo con los resultados de las entrevistas y otras informaciones adicionales obtenidas.
- Los cuestionarios: De su correcta realización y posterior tratamiento dependerá la calidad de la auditoría. Deben ser preparados metódicamente. Deberán facilitarse unas respuestas de tipo SI y NO con comentarios al margen.
- El análisis de procesos: Posibilita, al auditor, un conocimiento detallado de la actividad de la empresa, lo que facilita sus sugerencias sobre dicho funcionamiento. En el caso de la tesis, consistirá en la evaluación de las tecnologías utilizadas para los diferentes tratamientos.
- Los muestreos y análisis: La toma de muestras y posterior análisis de las mismas, es imprescindible para conocer la situación técnico-ambiental de un tratamiento considerado. Se realiza mediante muestreos por piezas tratadas.
- La documentación de trabajo: Consiste en el documento realizado por cada auditor que contiene toda la información obtenida, además, sus reflexiones y conclusiones particulares. Constituyen el soporte de las conclusiones de la auditoría.

Metodología y etapas

Las etapas necesarias para realizar una auditoría, pueden variar según el tipo de auditoría, los objetivos que se persigan o la situación de la empresa, no obstante, en general podemos distinguir cuatro fases.

- Definición de objetivos: Se trata de definir la misión de la auditoría, el alcance y extensión de la misma, seleccionar las prioridades y el método adecuado.
- Pre auditoría: Es una etapa de diagnóstico previo y de preparación para la ejecución de la auditoría propiamente dicha. En esta fase se deberá desarrollar el plan de auditorías y la obtención de las fuentes de información necesarias.
- Auditoría: Se debe, por un lado, realizar la verificación de la situación técnica y ambiental de la empresa a partir de la información conseguida, entrevistas, etc.; y por otro lado, hacer el análisis y la discusión crítica de los resultados, en función de los objetivos planteados en un principio, completando así las informaciones recopiladas.
- Pos auditoría e informe del auditor: Se elabora un informe final o informe del auditor, donde se presentan los resultados y las conclusiones obtenidas junto con las recomendaciones, observaciones y medidas correctoras adecuadas. Se debe llamar la atención, especialmente sobre las deficiencias, las infracciones y los riesgos detectados, insistiendo sobre la urgente necesidad de soluciones, tanto técnicas como jurídicas. En este caso, el informe establecerá lo necesario para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos.

En resumen se pueden establecer las siguientes etapas:

A. Pre auditoría.

A.1. Planificación de la auditoría.

A.1.1. Definición del alcance del análisis.

A.1.2. Identificación de las fuentes de información de la empresa.

B. Auditoría.

B.1. Recopilación de la información general sobre la planta.

B.2. Análisis del proceso de producción.

B.2.1. Reuniones con el personal de la planta.

B.2.2. Identificación de los procesos unitarios.

B.2.3. Identificación y características de residuos y emisiones.

B.2.4. Visitas a la planta e inspecciones.

B.2.5. Construcción de los diagramas de flujo.

B.3. Revisión del plan de auditoría.

B.4. Balance de materiales.

B.4.1. Análisis de las entradas de materiales.

B.4.1.1. Determinación de las pérdidas debidas al almacenamiento y manipulación de materias primas.

B.4.1.2. Determinación del consumo de materias primas.

B.4.1.3. Determinación del consumo de agua.

B.4.2. Análisis de las salidas de productos, subproductos, residuos, vertidos y emisiones.

B.4.2.1. Cuantificación.

B.4.2.2. Determinación de los volúmenes de subproductos que se reciclan.

B.4.2.3. Registro de los residuos y procedimientos de gestión.

B.4.2.4. Resumen de la información de entrada y salida.

B.5. Obtención de un balance preliminar de materiales para cada proceso.

B.5.1. Revisión del desequilibrio de materiales.

B.5.2. Ajuste del balance de materiales.

C. Pos auditoría.

C.1. Informe final.

C.1.1. Evaluación y presentación de los resultados.

C.1.2. Posibles usos de los resultados.

2.2.12. Análisis de riesgos

En este apartado se describirá el marco teórico utilizado para la evaluación de los datos. Se trata de un método utilizado y difundido, desde hace varios años en Europa y EEUU, para estimar y jerarquizar la importancia ambiental de una medida, calculando cuantitativamente los impactos de los daños, a la salud o a los ecosistemas, derivados de la exposición a un contaminante ambiental. El objetivo de este apartado es presentar algunos conceptos básicos y necesarios para realizar el análisis de los datos relevados.

En términos generales, el riesgo, es la probabilidad de ocurrencia de un evento con consecuencias negativas. Estos, existen en todas las actividades que se realizan, pero además, en la definición debe incluirse la exposición. Por lo tanto, se puede definir el riesgo como la probabilidad de que un individuo o una población presenten mayor incidencia de efectos adversos por exposición a un peligro (U.S. EPA, 2001). Dicho riesgo, se expresa en términos cuantitativos de probabilidad.

Para alcanzar los objetivos de la tesis se empleará la herramienta de evaluación de riesgo ambiental, con la cual, se enfocarán los riesgos que ocasionen efectos potencialmente adversos para la salud, el ambiente o las instalaciones, causados por sustancias químicas tóxicas. Además, con esta herramienta se compararán los diferentes riesgos presentes en los tratamientos térmicos superficiales y se logrará identificar los que son menos perjudiciales.

La evaluación de riesgo ambiental (ERA)

Dentro de la Norma ISO 14.001:2015 se destacó, en los capítulos 6 y 9 la gestión de riesgos, estableciendo identificar los riesgos, pero no obliga a hacer una evaluación de riesgos como tal. Establece, además, acciones para tratar riesgos asociados con amenazas y oportunidades, con el objetivo de eliminar, reducir o, si se considera aceptable, asumir dichos riesgos.

Por otro lado, existe la Norma UNE 150.008:2008 de Análisis y Evaluación de Riesgos, con la que se desarrolla la mayoría de los conceptos descritos a continuación.

La evaluación de riesgo ambiental es el uso de los datos y observaciones científicas para definir los efectos, para la salud o los ecosistemas, causados por la exposición a materiales o sustancias peligrosas. Se trata de responder a una serie de preguntas que involucran las sustancias, el grado de toxicidad de estas y el riesgo de exposición química, intentando relacionar las respuestas de los individuos o el ambiente a una dosis encontrada (U.S. EPA, 2001).

Según se establece en la publicación del Instituto Nacional de Ecología de México, (Evans et al., 2013), la evaluación de riesgo ambiental abarca un amplio rango de disciplinas y puede tener un alto grado de complejidad. Dependiendo de su propósito final, puede ir desde un simple análisis que incluya algunas proyecciones, hasta una evaluación detallada que pueda durar varios años; lo cual está en concordancia con lo dicho en U.S. EPA (2001).

Evans et al. (2013) establecen, además, que la ERA es considerada como un campo controversial de la ciencia, debido a que se manejan enormes cantidades de datos, con grandes incertidumbres, conflictivos y hasta ambiguos en algunos casos (que suelen ser el resultado de extrapolaciones a niveles imposibles de medir) con los que finalmente se llega a números de una o dos cifras que caracterizan el riesgo. Agrega, que la controversia es aún mayor cuando el resultado debe ser utilizado para toma de decisiones por parte de organismos de control o autoridades ambientales. Pero concluye, que pese a esto, la ERA es considerada por los expertos como un instrumento de mucho valor, necesario para asegurar que la toma de decisiones esté

basada en la mejor ciencia disponible y para ayudar a que los recursos económicos y humanos sean dirigidos a la atención de los riesgos más significativos.

En el caso de la tesis, se utilizarán conceptos desarrollados a lo largo de los diferentes seminarios que, además, deberán incluir aspectos de toxicología, ecología, química, física, ingeniería, entre otros.

Análisis comparativo

El análisis comparativo de riesgos combina la información sobre la peligrosidad de los contaminantes, los niveles de exposición y las características poblacionales para predecir los efectos (U.S. EPA, 2001).

Identificación de riesgos

La identificación del riesgo está vinculada con los efectos de los diferentes agentes químicos o físicos, que se utilizan para desarrollar el tratamiento térmico superficial estudiado. Para ello, se plantean diferentes escenarios ambientales (EA), cuya ocurrencia generaría impactos negativos al ambiente en general. El planteo del escenario no contempla su cuantificación, sino que, se basa en la revisión de los datos disponibles para determinar si la exposición puede provocar consecuencias negativas (U.S. EPA, 2001).

Valoración de los riesgos

La evaluación de las consecuencias se realiza mediante el uso de las tablas de consecuencias ambientales, valorando la importancia de cada escenario accidental en cada uno de los tres entornos que deben considerarse: el natural, el humano y el socioeconómico. En el caso de la probabilidad, también, se parametriza a través de las tablas propuestas, de frecuencia de ocurrencia del accidente, pudiendo utilizarse como referencia la experiencia tanto de la empresa como del sector. Combinando las consecuencias con la probabilidad se obtiene un valor de Riesgo Ambiental (Femeval, s.f.), que servirá, en este caso, para estimar que tratamiento es ambientalmente más amigable.

La valoración del riesgo parte de la siguiente fórmula.

$$\mathbf{RIESGO = PROBABILIDAD \times CONSECUENCIAS (En los entornos)}$$

Como se estableció, en el caso de las consecuencias, se deberán cuantificar en base al entorno natural, humano y socioeconómico. Es decir, que no solo se tendrá en cuenta el daño al ambiente; sino también, si a causa de un accidente, se debe evacuar una población o parte de la misma y, además, el socioeconómico, por ejemplo, si un accidente obliga a paralizar la actividad industrial del establecimiento propio o de los contiguos (Femeval, s.f.).

En el caso del término de Probabilidad, este pretende plasmar el grado de ocurrencia de cada uno de los Escenarios Ambientales; por lo que en la bibliografía se propone utilizar la tabla de referencia procedente, en la cual, se debe elegir un valor entre 1 y 5.

Estimación de probabilidad		
Valor	Probabilidad	
5	Muy probable	> Una vez al año
4	Altamente probable	> Una vez cada 5 años
3	Probable	> Una vez cada 10 años
2	Posible	Entre 10 y 50 años
1	Improbable	> Una vez cada 50 años

Tabla 3: Estimación de la probabilidad (Femeval, s.f.)

En el caso del término de Consecuencias, debemos estimar la gravedad de estas consecuencias, la cual se calcula de forma diferente en función del entorno que se considere.

- Entorno natural: Se debe determinar la gravedad de las consecuencias sobre el entorno natural. Los factores que se consideran son: cantidad (de sustancia), peligrosidad, extensión y calidad del medio. La determinación de la peligrosidad es compleja, puesto que se tiene un amplio abanico de sustancias; se deben tener en cuenta características como la toxicidad, volatilidad, hidrólisis, adsorción y bioconcentración. Conviene aclarar que en cuanto a la calidad del medio, se entiende por la riqueza de flora y fauna existente en el entorno del establecimiento analizado y también la existencia, o no, de entornos naturales protegidos en las inmediaciones. En este caso, como se analizan los procesos de tratamientos superficiales, independizando al establecimiento, no se tendrá en cuenta la calidad del medio en el relevamiento y por lo tanto se colocará un valor fijo igual a 2.

Sobre el entorno natural				
Valor	Cantidad [kg]	Peligrosidad	Extensión [ha]	Calidad del medio
4	Muy alta (>100)	Muy peligrosa	Muy extensa (>10)	Muy elevada (Linda con área protegida)
3	Alta (11 - 100)	Peligrosa	Extensa (0,5 - 10)	Elevada (Linda indirectamente con A. P.)
2	Poca (0,5 - 10)	Poco peligrosa	Poco extenso (0,5)	Media (A.P. a menos de 25km)
1	Muy poca (<0,5)	No peligrosa	Puntual (Dentro de la empresa)	Baja (A.P. a mas de 25km)

Tabla 4: Ponderación de características sobre el entorno natural (Femeval, s.f.)

- Entorno humano: Se debe determinar la gravedad de las consecuencias sobre el entorno humano, en este caso los factores a determinar para cada escenario ambiental son cantidad, peligrosidad, extensión y población afectada.

Sobre el entorno humano				
Valor	Cantidad [kg]	Peligrosidad	Extensión [ha]	Población afectada [Personas]
4	Muy alta (>100)	Muerte o efectos irreversibles	Muy extensa (>10)	> 100
3	Alta (11 - 100)	Daños graves	Extensa (0,5 - 10)	25 a 99
2	Poca (0,5 - 10)	Daños leves	Poco extenso (<0,5)	5 a 24
1	Muy poca (<0,5)	Daños muy leves	Puntual (Dentro de la Empresa)	<5

Tabla 5: Ponderación de características sobre el entorno humano (Femeval, s.f.)

- Entorno socioeconómico: Se debe determinar la gravedad de las consecuencias sobre el entorno socioeconómico, en este caso se deben tener en cuenta los siguientes factores, cantidad, peligrosidad, extensión y capital productivo.

Sobre el entorno socioeconómico				
Valor	Cantidad [kg]	Peligrosidad	Extensión [ha]	Capital productivo
4	Muy alta (>100)	Muy peligrosa	Muy extensa (>10)	Muy alto
3	Alta (11 - 100)	Peligrosa	Extensa (0,5 - 10)	Alto
2	Poca (0,5 - 10)	Poco peligrosa	Poco extenso (0,5)	Bajo
1	Muy poca (<0,5)	No peligrosa	Puntual (Dentro de la empresa)	Muy bajo

Tabla 6: Ponderación de características sobre el entorno socioeconómico (Femeval, s.f.)

Luego de valorizados los diferentes factores de cada escenario, se halla la gravedad para cada entorno, según las siguientes fórmulas:

Gravedad en el entorno natural:

$$\text{GRAVEDAD} = \text{CANTIDAD} + (2 \times \text{PELIGROSIDAD}) + \text{EXTENSIÓN} + \text{CALIDAD DEL MEDIO}$$

Gravedad en el entorno humano:

$$\text{GRAVEDAD} = \text{CANTIDAD} + (2 \times \text{PELIGROSIDAD}) + \text{EXTENSIÓN} + \text{POBLACIÓN AFECTADA}$$

Gravedad en el entorno socioeconómico

$$\text{GRAVEDAD} = \text{CANTIDAD} + (2 \times \text{PELIGROSIDAD}) + \text{EXTENSIÓN} + \text{PATRIMONIO O CAPITAL}$$

Esta gravedad se cuantifica en valores del 1 al 5, según la siguiente tabla.

Tabla de puntuación total		
Valoración	Valor de gravedad	Valor final
Crítico	20 a 18	5
Grave	17 a 15	4
Moderado	14 a 11	3
Leve	10 a 8	2
No relevante	7 a 5	1

Tabla 7: Tabla de puntuación total de gravedad (Femeval, s.f.)

Finalmente, las diferentes tablas de valoraciones serán las siguientes:

Sobre el entorno natural							
	Probabil.	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N							
EA1b-N							

Tabla 8: Tabla de ponderación sobre el entorno natural (Femeval, s.f.)

Sobre el entorno humano							
	Probabil.	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H							
EA1b-H							

Tabla 9: Tabla de ponderación sobre el entorno humano (Femeval, s.f.)

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabil.	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S							
EA1b-S							

Tabla 10: Tabla de ponderación sobre el entorno socioeconómico (Femeval, s.f.)

Valoración del riesgo ambiental

En esta etapa del análisis se realizan matrices de doble entrada donde se establecen la probabilidad y la gravedad de ocurrencia del escenario ambiental. Se realiza una matriz para cada tratamiento, donde se observa la distribución de los diferentes escenarios ambientales sobre los diferentes entornos.

		Gravedad				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4					
	3					
	2					
	1					

Tabla 11: Matriz de valoración de riesgos (Femeval, s.f.)

Como se puede ver, se realiza una identificación visual por medio de colores para agilizar al análisis de los escenarios de cada tratamiento relevado, donde, la celda cuya probabilidad y gravedad son más altas (5 para ambas) se marca en rojo como la de mayor riesgo y así, las demás, van disminuyendo en intensidad hasta llegar a los valores más bajos. Para mejorar la visualización se vuelcan los datos en una matriz de visualización de riesgos y se realiza una sumatoria y asociación de porcentaje sobre el total de riesgos, realizando la comparación de los diferentes tratamientos superficiales. En la matriz pueden verse tres regiones, la región de riesgo elevado, la cual está dada por la combinación de las probabilidades y gravedades mayores a 4 (zona roja y naranja de la Tabla 11), la región de riesgo moderado, representada por la combinación de probabilidades y gravedades entre 2 y 3 (zona amarilla y verde de la tabla 11) y, finalmente, la región de riesgo bajo, la cual se forma por combinaciones de probabilidad y gravedad de valor 1 (zona celeste de la tabla 11).

Nombre del tratamiento			
Riesgo	Distribución de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo Elevado		
Alto			
Medio	Riesgo Moderado		
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo		

Tabla 12: Matriz de visualización de riesgos [Adaptado según (Femeval, s.f.)]

2.3. Marco Regulatorio

A continuación, se nombran las leyes relevantes para el marco regulatorio a nivel nacional y provincial, marcando los artículos más importantes para el desarrollo de la investigación.

Cabe destacar que, en cada uno de los puntos mencionados a continuación, existe normativa adicional de otro orden (decretos, resoluciones, etc.), que posee injerencia en la temática ambiental, nacional o provincial, según corresponda; siendo más específicas que las mencionadas leyes. Dicha normativa no se incorporó a la síntesis presentada, pero se tuvo en cuenta para el desarrollo de la investigación descriptiva.

2.3.1. Leyes Nacionales

- Ley 25.675 – Política ambiental nacional: Art 1º, Art 2º, Art 11º, Art 22º.
- Ley 25.612 – Gestión integral de residuos industriales y de actividades y servicios: Art 1º, Art 2º, Art 9º, Art 10º.
- Ley 24.051 – Residuos peligrosos: Art 1º, Art 2º, Art 4º, Art 7º, Art 14º, Art 17º.

2.3.2. Leyes de la Provincia de Buenos Aires

- Ley 11.720 – Residuos especiales: Art 1º, Art 2º, Art 7º, Art 23º, Art 26º.
- Ley 5.965 – Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera: Art 1º, Art 2º, Art 3º.
- Ley 11.459 – Radicación industrial: Art 1º, Art 7º, Art 15º.

2.3.3. Leyes de la Provincia de Entre Ríos

- Ley 6.260 – Prevención y control de la contaminación por parte de las industrias: Art 2º, Art 5º, Art 6º, Art 9º, Art 15º.
- Ley 8.880 – Residuos peligrosos: Artículo 1º.

2.3.4. Leyes de la Provincia de Córdoba

- Ley 7.343 – Principios receptores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente: Art 1º, Art 3º, Art 5º, Art 7º, Art 16º, Art 26º, Art 46º, Art 47º, Art 48º, Art 50º.

2.3.5. Leyes de la Provincia de Santa Fe

- Ley 11.717 – Ley de medio ambiente y desarrollo sustentable: Art 2º, Art 18º, Art 20º, Art 22º, Art 30º.

2.4. Antecedentes

Como factor común al momento de la revisión bibliográfica, búsqueda de información y antecedentes, se pudo ver que no existe un desarrollo bibliográfico importante en temas relacionados con la ingeniería de superficies y el ambiente. En la mayoría de los casos se debe recurrir a publicaciones de revistas o de empresas que realizan los procesos, esto puede deberse, a que el tema se trata generalmente de soslayo, es decir, que se brindan textos sin profundizar. No obstante, se muestra a continuación una revisión de antecedentes. Esta revisión, en primer lugar, trata temas de índole ambiental y similar, en algunos aspectos, a la investigación que se desarrolla con base técnica y económica. En segundo lugar, nos referimos más específicamente a publicaciones relacionadas con los procesos más contaminantes considerados en la investigación. En tercer lugar se tratan temas normativos y legales, estos puntos de vista enriquecen la investigación y generan ideas interesantes.

Como se sabe, rigurosamente hablando, podemos notar que en todos los procesos industriales existen implicancias o consecuencias para el ambiente. Si nos referimos en particular a la ingeniería de superficies, se debe notar que existen algunas técnicas de tratamiento superficial que, en caso de que no se practiquen bajo controlados criterios de protección ambiental, pueden ser muy perjudiciales para la salud y el ambiente. De esta forma lo manifestó Agüero (2007) en la Revista de Metalurgia publicada en Madrid, donde escribió un artículo considerando los temas ambientales de forma explícita y desarrollando algunas de las aplicaciones industriales de cada tratamiento, dedica un espacio a la ingeniería de superficies y el ambiente donde establece los efectos positivos y negativos ambientalmente hablando. Sin embargo, proporciona alternativas para reemplazo de algunos tratamientos, como por ejemplo el cromo duro, que aún están en estudio, surgiendo entonces la necesidad de

encontrar una alternativa más rápida a este recubrimiento. Además, se debe adecuar y estudiar la factibilidad tanto en la parte técnica como en la económica de acuerdo a las posibilidades de fabricación de productos en Argentina.

En general, las ventajas del estudio en el área de ingeniería de superficies son notorias, debido a que se busca obtener beneficios en los materiales tratados, que involucren mejorar la resistencia al desgaste y corrosión; lo cual en principio trae aparejado un aumento en la vida útil de los elementos, tal como destaca Lira Olivares et al. (2011) en su publicación. Además, el autor hace hincapié en el hecho de que al incrementar la vida útil de la pieza se tendrá menor necesidad de sustitución y por lo tanto se deberá fabricar menores cantidades de piezas, lo que consume menor cantidad de material y consecuentemente una disminución de la actividad minera. Por otro lado, al disminuir la cantidad de sustituciones de piezas desgastadas, se disminuye la cantidad de descartes como chatarra, lo cual es ambientalmente positivo. Este artículo, escrito por el grupo de investigación CIS de la Universidad Simón Bolívar de Venezuela, se refiere en mayor medida, a los recubrimientos y mantiene las cuestiones ambientales implícitas describiendo los tratamientos y sus características; es de gran utilidad para el marco teórico de la investigación, no obstante, se requiere explicitar más las cuestiones ambientales y sobre todo evaluar las TTS que actualmente están en comercialización en la región, dejando de lado las técnicas experimentales.

Otro aspecto, con impactos ambientales beneficiosos, lo destacó Agüero (2007) en su publicación; considerando que la ingeniería de superficies persigue una optimización de insumos y energía, haciendo los procesos más eficientes. Esto lo refuerza la publicación de Barz y Haupt (2015) quienes trabajaron en el campo de las técnicas asistidas por plasma, llegando a la conclusión de que estos procesos pueden sustituir a aquellas técnicas relacionadas con la química húmeda, prescindiendo de esta forma, de disolventes (los que constituyen una gran parte de los residuos peligrosos), a la vez, establecen parámetros orientativos sobre el orden de magnitud de consumo de insumos en que se encuentran las TTS asistidas por plasma respecto de las TTS húmedas, llegando a ser de 6 o 7 órdenes de magnitud inferiores. Este artículo está escrito por miembros del Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology de Alemania. Debido a esto se sabe que las realidades de cada región

son diferentes, por lo tanto, es de utilidad para ampliar el marco teórico, pero es necesario realizar adecuaciones para volcar los conceptos al nivel local.

Bell, Sun y Suhadi (2000) realizaron su contribución agregando que existen beneficios técnicos y ambientales derivados de las tecnologías asistidas por plasma. En particular se centraron en la nitruración asistida por plasma, marcando algunos beneficios como lo son la ausencia de humos, residuos tóxicos, ruido o calor significativo, riesgos de explosión, tiempos de proceso menores; al igual que el consumo energético y el consumo de gases e insumos está muy por debajo del valor de otros, llegando a la conclusión de que las técnicas asistidas por plasma son ambientalmente mas amigables que, por ejemplo, las producidas en baños de sales y, a su vez, pueden lograr niveles de resistencia y características similares.

Anteriormente a estos, Grün (1993) había dado un punto de vista interesante en su publicación, aportando que la importancia de involucrar los temas ecológicos en el análisis de costo está dada por el costo económico asociado al hecho de no generar impacto ambiental, teniendo que realizar los tratamientos de efluentes necesarios para que los residuos del proceso no lleguen al entorno de la industria, agregando además, que las leyes de los diferentes países aún difieren pero todo indica que se volverán cada vez más restrictivas y similares con el correr del tiempo. En este caso, y a mas de 20 años de la fecha de publicación, se observa que no estaba equivocado; ya que las leyes nombradas en el marco regulatorio son muy similares entre sí e inclusive similares a las de otros países, adecuándose las nacionales, para formar leyes provinciales considerando diferentes nombres de organismos pero conceptualmente se sigue una tendencia similar, sin embargo, se debe considerar que este artículo fue escrito en Alemania por lo que pueden existir diferencias de criterios en cuanto al cumplimiento de la normativa ambiental. Frente a esto, la investigación tiene como objetivo establecer pautas para el cumplimiento de la normativa ambiental, y el desarrollo de un modelo de auditoría ambiental replicable a otras industrias. Por otro lado, el artículo tiene un análisis interesante con criterios ambientales, técnicos y económicos, pero existe la necesidad de adecuar el estudio a Argentina.

Agregando a lo citado, se deben mencionar las publicaciones de organismos públicos o gubernamentales, tal es el caso del Manual de Producción Más Limpia publicado

por la ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) (Stenum, s.f.), cuyos objetivos son reconocer los beneficios económicos de la minimización de desechos, la categorización de los desechos y emisiones y brindar herramientas para la solución sistemática de problemas. En este, se establecen pautas para lograr una aplicación continua de estrategias ambientales preventivas e integradas a los procesos, de forma tal que se pueda aumentar la eficiencia global del tratamiento reduciendo, además, los riesgos ambientales y laborales. El concepto clave que desarrollan los autores es la comparación entre el método o tecnología de tratamiento de residuos de “final de tubo” es decir cómo tratar el residuo producido y, como contrapartida, el método de “producción más limpia” donde se analiza la forma en que no se produzca el residuo para no necesitar del tratamiento. Esta, es una publicación que brinda datos generales, los cuales pueden ser aprovechados conceptualmente para aplicarlos a la industria de tratamientos superficiales y a la investigación descriptiva que se realiza.

Además de los textos mencionados, existen muchos trabajos e investigaciones publicadas sobre los diferentes procesos. En el caso de los recubrimientos electrolíticos, se desarrollan las desventajas ambientales y limitaciones técnicas en cuanto a eficiencia de los baños, tal es el caso de una publicación del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales (CNPMLTA) de Colombia (CNPMLTA, s.f.), quien tiene como función la introducción y difusión de conceptos de eficiencia y producción más limpia, buscando apoyar el fortalecimiento del sector empresarial público y privado. En la publicación, se deja en claro que la industria de tratamientos electrolíticos, por su naturaleza química y eléctrica, es una fuente de generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos particularmente complejos debido a la presencia de metales pesados (sobre todo en efluentes líquidos) y emanación de vapores de difícil estabilización. En general, en este tipo de tratamientos se utilizan cuatro materiales específicos: cadmio, cianuro, cromo hexavalente y soluciones electrolíticas basadas en cromo/formaldehído. El problema fundamental, a la hora del análisis ambiental, es el arrastre de químicos debido a la naturaleza del proceso (baño de las piezas) y se dan, sobre todo, al momento del pasaje de un baño a otro; cuando las piezas gotean fuera de las cubas, cayendo al suelo y con posibilidad de ser arrastradas por el agua de limpieza o lluvia hacia los desagües pluviales de la planta. Esta problemática, además del impacto ambiental,

genera pérdidas económicas interesantes. En este tipo de procesos uno de los recursos más importantes es el agua, estando presente en mayor parte (cerca del 95%) como agua de enjuague previo y pos proceso. Un dato importante, que remarcan los autores, es que la industria de recubrimientos electrolíticos presenta uno de los más bajos rendimientos o eficiencia en cuanto al uso de químicos; por ejemplo, para el caso de un recubrimiento de cromo decorativo la eficiencia es de solo el 15%. Es decir que, solo ese porcentaje del metal en el baño se transfiere a la pieza, el resto se transforma en residuo del proceso y, por lo general, el gran impacto ambiental se debe a esto.

En general, el conocimiento científico es universal. Es decir, que no distingue fronteras políticas, por lo tanto, la problemática ambiental de los diferentes procesos existen en todos los países en los cuales se realizan los procesos. Por lo tanto, agregando a la situación descrita anteriormente, se puede mencionar el trabajo del Gobierno Vasco, quienes a través del Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medioambiente, publicaron el Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones en los Procesos de Recubrimientos Electrolíticos (IHOBE, S.A., 1997). El fin es incorporar el factor ambiental en la industria y, en general, en la sociedad Vasca. El aporte está orientado a cambiar la mentalidad de las empresas para producir bienes, conservando los recursos naturales y generando la menor cantidad posible de residuos. En esta publicación se tratan temas técnicos de los procesos electrolíticos, tales como la fabricación de piezas para recubrir de forma óptima, los tratamientos previos al proceso de recubrimiento y el proceso de recubrimiento en sí mismo. Posee además, un capítulo exclusivo y de extensión importante que trata la minimización, recuperación y reciclaje de los insumos utilizados. Una salvedad importante que realizan los autores es decir que existe un porcentaje importante de empresas cuya operación es absolutamente mejorable. Entre los problemas que identifican se puede ver que incumplen la normativa ambiental, tienen técnicas de lavado mejorables, no han puesto en práctica sencillas medidas de reducción de cargas contaminantes o que presentan un bajo desarrollo tecnológico, situación comparable con la región considerada a la hora de desarrollar la investigación descriptiva. En el texto se establece que, en el caso de la minimización de residuos, es recomendable realizar una evaluación y priorización metódica de las medidas de minimización antes de tomar cualquier decisión del tipo

ambiental; considerando que, cuanto más cercana al proceso sea la medida correctiva a tomar, será más económica, ambientalmente más ventajosa y de menor complejidad. Se cita, por ejemplo, que el aumento de la vida útil de un baño electrolítico con posterior tratamiento del baño agotado es mejor medida que una planta de tratamiento de efluente que trate el mismo baño electrolítico sin aumento de la vida útil. Otra medida correctiva de utilidad, que se menciona, es la disminución del arrastre, con lo que se puede reducir entre el 40 y el 60% de las pérdidas de electrolito. Además, los autores establecen un orden de prioridad ambiental aclarando que esto solo es válido para nuevas plantas o líneas de proceso, ya que las instalaciones deben diseñarse y montarse considerando los consejos dados. Se mencionan también, los métodos de tratamiento y separación de los elementos en los baños electrolíticos y aguas residuales de lavado, diferentes métodos de lavado para minimización del arrastre de insumos, formas y tiempos de escurrido, devolución de electrolitos a los baños correspondientes, entre otras recomendaciones. La publicación sin duda representa un aporte fundamental y específico para el diseño de plantas de recubrimientos electrolíticos y se puede utilizar como guía al momento de realizar el listado de chequeo para el relevamiento de datos.

Otra publicación interesante para la investigación, también generada por el gobierno Vasco, es el Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones en Procesos de Galvanización en Caliente (IHOBE, S.A., 1997), esta también es específica del sector galvanización, tratamiento que también abarca la investigación. El texto trata sobre los temas relevantes para lograr la reducción de residuos y, además, la valorización de aquellos baños de enjuague que, ya agotados, pueden ser considerados como subproductos útiles para otras industrias, un ejemplo claro es la fabricación de cloruro férrico, precipitación de fosfatos y obtención de pigmentos inorgánicos a partir de lo que la industria de galvanización considera efluente. Esta posibilidad de recuperación de efluentes como subproductos es interesante, ya que, pasaría de ser un residuo complejo a ser materia prima vendible a otras empresas, sin necesidad de tratarlos, pero debiendo considerar su almacenamiento bajo estrictas normas ambientales y laborales. Esta posibilidad de generación de subproductos se tendrá en cuenta a la hora de realizar el listado de chequeo necesario para la investigación de campo.

En cuanto a legislación extranjera se refiere, lo más relevante en la industria de ingeniería de superficies es la modificación del reglamento REACH (2018), Reglamento de Registro Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas de la Unión Europea, el cual entró en vigor el 1º de junio de 2007. Este fue actualizado en abril de 2013, cuando se publicó una modificación al anexo XIV que incluyó al ácido crómico y otros compuestos obtenidos a partir del Cr^{+6} , permitiendo la utilización de compuestos con dicho elemento bajo autorización o registro hasta el 21 de setiembre de 2017 la cual es la “fecha límite de uso”. Aunque aún lejos de ser considerado en Argentina podría tener efectos positivos o negativos desde el punto de vista ambiental, es decir, nos podemos encontrar en una situación en la que los funcionarios consideren formalizar una legislación similar, prohibiendo el uso del Cr^{+6} , o bien, que esto no sea considerado y la prohibición del tratamiento superficial en los países de la UE desencadene la importación por parte de ellos de piezas con tratamiento de cromo duro o decorativo provenientes de países como el nuestro.

Con la directiva de la UE, que prohíbe el uso del Cr^{+6} , se forzó a las industrias a desarrollar alternativas a este proceso. Tal es el caso de Henkel (2015), una compañía que opera con marcas de adhesivos y tratamientos de superficies para diversos sectores de la industria entre otras fuentes de negocio. El proceso es denominado Bonderite M-NT 2040 R2 y ofrece ventajas, tanto operativas como ambientales; pero sin duda, la mayor ventaja es la ausencia de cromo hexavalente en el proceso. Además, se pueden mencionar otras ventajas como contar con un proceso más corto, compuesto por cuatro etapas en lugar de las ocho o nueve que suelen ser en los tratamientos electrolíticos (desengrase alcalino, enjuague, desengrase ácido, enjuague con agua desionizada y conversión, etapas que se repiten en función del caso).

Existen también empresas dedicadas a la venta de equipos de recubrimiento que son desarrolladoras de tecnologías (Mec Mex, 2016), para nombrar alguna, se tomaron datos de una compañía dedicada a la venta de equipos y consumibles en América Latina y México, esta es pionera en el desarrollo de tecnología de reemplazo del cromo duro. Entre las técnicas relevantes podemos mencionar una que posee muy buena performance en piezas sometidas a desgaste y corrosión, se trata de la proyección térmica HVOF (High Velocity Oxy-Fuel), la cual consiste en proyectar

partículas que son fundidas en un proceso de combustión y posteriormente aceleradas en una tobera convergente-divergente, logrando velocidades de gases superiores a la velocidad del sonido y proyectándolo sobre la superficie a recubrir. La alta energía cinética de las partículas produce recubrimientos densos y resistentes. Poseen además, beneficios ambientales como el bajo impacto ambiental, costos inferiores y mejor rendimiento de la capa dura respecto de procesos con características de resistencia similares.

Haciendo referencia al marco normativo, podemos mencionar el manual sobre la norma ISO 14.001:2015 escrito por Norberto Schinitman (2016), el cual contiene un estudio descriptivo, explicativo y aplicativo sobre las particularidades de la nueva norma ISO 14.001:2015, abarcando cuestiones relacionadas con la legislación ambiental aplicable y auditorías ambientales. La norma ISO 14.001 es una norma auditable y de adopción voluntaria que brinda los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental para organizaciones de cualquier tipo y tamaño; con esto decimos que es una norma general. En el caso de la investigación desarrollada, se toman conceptos de la Norma para lograr un listado de chequeo actualizado de acuerdo a la última versión de dicha Norma, de todas formas, el autor destaca que la última versión conserva las modificaciones y aspectos más relevantes de las revisiones anteriores. En general, el propósito de la nueva versión es dar mayor relevancia a la implementación de políticas ambientales, objetivo que se ve reflejado en muchos de los artículos citados anteriormente. La Norma se basa en la metodología de “espiral de mejora continua”, en su estructura se puede destacar el capítulo de Auditoría Ambiental definiendo esto como el conjunto de acciones metódicas, no comprometidas y documentadas, destinadas a recolectar evidencia y valorarla de modo objetivo, lo cual es justamente lo que se realiza en la etapa de investigación de campo. Se describen y discuten básicamente en términos sencillos los principales pasos para realizar una auditoría interna, siguiendo el orden convencional dado por la norma ISO 19.011:2011 sobre directrices para las auditorías de sistemas de gestión.

En cuanto a legislación vigente a nivel Nacional, se encontró en la web un sitio de Google donde se publicó un informe sobre el Marco Normativo Ambiental (s.f.) en los países de la CIER (Comisión de Integración Eléctrica Regional). El documento

explica la normativa de cada país según cuatro puntos de vista: Prospectiva nacional, supranacional, temas ambientales específicos relevantes y reflexiones. Forma un documento ameno, orientado a comprender la normativa ambiental, dejando de lado los detalles legales áridos o pesados. Si bien el texto está orientado a la normativa eléctrica, el informe es válido para hacerlo extensivo a otras industrias ya que nombra las leyes generales de ambiente, por lo que se puede utilizar para la presente investigación. En el texto se destaca que, según la Constitución Nacional en su artículo 31, la propia CN, las leyes de la Nación y los tratados con potencias extranjeras son la Ley Suprema de la Nación y las provincias están obligadas a adecuarse a ellas. Recuerda que, en la reforma de 1994, las provincias delegaron a la Nación la facultad de dictar las leyes de presupuestos mínimos en materia ambiental pero las provincias deberán dictar las normas complementarias. Es decir, que la Nación pone el piso o base de normativa y las provincias las complementan para poner un techo extendiendo el resguardo ambiental. En el punto de vista supranacional, el artículo establece que el marco legal argentino, en materia ambiental, apoya las tendencias globales del desarrollo sostenible citando tratados como la Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático, el Protocolo de Kioto, entre varios más. En cuanto a los temas relevantes de las leyes, específicamente hablando, se observa que la publicación trata temas similares a los desarrollados en el marco legal de la presente investigación. Como reflexión final los autores comentan que, si bien en Argentina coexisten leyes nacionales, provinciales y municipales, en la práctica, algunas partes de las instituciones no funcionan correctamente o no están reglamentadas; por lo tanto, no se da garantías de viabilidad de proyectos generándose un marco donde las reglas de juego no están claras. Otro aspecto relevante es la opinión establecida al decir que los mecanismos existentes no aseguran que se adopten las medidas necesarias para mitigar o evitar los impactos ambientales en el desarrollo de proyectos. Se remarca también, que existe una deuda pendiente del Estado en garantizar la transparencia, ante la comunidad, de los proyectos que se van a realizar. Como conclusión final, se establece que la proliferación de la normativa no contribuye a la seguridad jurídica, existiendo un largo camino por recorrer hacia la meta de un desarrollo sostenible. La publicación aporta una mirada real desde el punto de vista legal lo cual impacta en la presente

investigación, ya que, para que los métodos de tratamiento superficial innovadores tengan éxito, se debe aclarar el panorama legal ajustando algunos de los procesos más contaminantes, el ejemplo concreto sería aplicar algo similar a las limitaciones dadas en el REACH de la UE.

Como conclusión del análisis de antecedentes, se puede decir que no se encuentran cubiertos los objetivos planteados para esta investigación. Como se estableció al principio, se demuestra que varias publicaciones que tratan los temas ambientales de forma implícita, explican las características técnicas de las TTS y sus aplicaciones industriales de forma general. Además, en todos los casos, los artículos provienen de otros países; por lo que se debe adecuar y estudiar la factibilidad tanto en la parte técnica como en la económica de acuerdo a las posibilidades de producción en Argentina. En cuanto a la normativa, se observa que las leyes nombradas en el marco regulatorio son muy similares entre sí e inclusive similares a las de otros países, adecuándose las nacionales, para formar leyes provinciales considerando diferentes nombres de organismos pero conceptualmente se sigue una tendencia similar. Sin embargo se debe considerar que varias de las publicaciones fueron concebidas en países con diferencias de criterios en cuanto al cumplimiento de la normativa.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1. Etapa de pre auditoría

De acuerdo al método de auditoría ambiental, utilizado para relevar los datos, en la etapa de pre auditoría se buscó y recolectó información de las empresas a visitar. Se corroboró que la planilla de auditoría formulada cumpla con los objetivos a relevar para dicha empresa en particular y se establecieron las formas de análisis de los datos que se relevaron. Luego, se realizó el contacto con los responsables de las empresas y se les informó sobre la idea de realizar esta auditoría, con fines académicos, definiendo días y horarios para realizar las visitas.

Es importante aclarar, que el análisis de cada TTS se realizó relativamente al conjunto de TTS observadas definiendo, en base a este conjunto, los parámetros para cuantificar las características ambientales, técnicas, y económicas; esto quiere decir, que los riesgos obtenidos son relativos y no representan valores absolutos aplicables para la comparación con otras actividades industriales fuera de las TTS, pudiendo tener menor o mayor grado de riesgo cuando se visualiza el universo de procesos industriales completo.

Para la selección de las TTS a estudiar, se basó el análisis, en considerar el estudio de al menos una técnica representativa de cada bloque de TTS, obtenidas en las tablas de resumen del marco teórico.

Considerando que la finalidad de las TTS es obtener mejores resultados contra el desgaste y la corrosión, se tomaron las tablas correspondientes a dichas características y se seleccionaron 7 técnicas, las cuales se resaltan a continuación. Por otro lado, utilizando las experiencias desarrolladas por el grupo GIS, se eligieron las diferentes empresas que practicaban estas técnicas con fines comerciales para realizar el relevamiento necesario.

Por último, se buscó información sobre tres técnicas adicionales, zincado electrolítico, cromo duro y CVD asistido por plasma, las cuales se presentaron con datos teóricos, solo a fines de comparación en el área ambiental con las técnicas relavadas.

Dureza - Protección Contra el Desgaste [HRC]									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Zincado Electrolítico (< 22)				Carburización Gaseosa (50 a 67)			Implantación Iónica (80 a 90)		
Galvanizado en Caliente (< 23)				Carburización Sólida (50 a 63)				CVD Asistido Por Plasma (90 a 92)	
				Carburización Líquida (50 a 65)				PACVD (90 a 92)	
				Nitruración Gaseosa (50 a 70)				PVD (> 90)	
				Nitruración Líquida (50 a 70)					
				Carbonitruración Gaseosa (50 a 65)					
				Carbonitruración Líquida (50 a 65)					
				Nitrocarburación Gaseosa (40 a 60)					
				Nitrocarburación Líquida (40 a 60)					
				Nitruración Iónica (50 a 70)					
				Nitrocarburación Iónica (40 a 60)					
							Cromo Duro (68)		

Figura 19: Técnicas de tratamiento seleccionadas para el estudio en función de la dureza

Protección Contra la Corrosión				
Baja	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
		Carburización Gaseosa	Nitruración Gaseosa	Implantación Iónica
		Carburización Sólida	Nitruración Líquida	
		Carburización Líquida	Nitrocarburación Gas.	
		Carbonitruración Gas.	Nitrocarburación Líq.	
		Carbonitruración Líq.	Nitruración Iónica	
		Zincado Electrolítico	Nitrocarburación Iónica	
		Galvanizado en Caliente	CVD Asistido por Plasma	
			PACVD	
			Cromo Duro	
			PVD	

Figura 20: Técnicas de tratamiento seleccionadas para el estudio en función de la protección contra la corrosión

3.1.1. Consideraciones preliminares de la planilla de auditoría Ambiental-Técnica-Económica

Como se desarrolló una investigación descriptiva, se partió de un procedimiento para obtención de datos llamado auditoría ambiental. Se persiguió el objetivo de relevar datos de forma objetiva y competente, por lo que se consideró esta auditoría, como el mejor recurso para realizar el relevamiento de los datos deseados y algunos adicionales.

El relevamiento de datos se llevó a cabo a través de una planilla de auditoría formada por diferentes preguntas incluyendo, además, los espacios necesarios para profundizar aquellas observaciones que se creían relevantes para el proceso de análisis de datos y conclusiones. El motivo de realizar una planilla de auditoría estructurada fue lograr una uniformidad en los datos relevados en cada una de las plantas visitadas, lo que además, logró una facilidad de procesamiento de datos y contraste de la situación de las diferentes empresas, esto se pudo concebir de esta forma debido a que el tamaño de muestra era pequeño.

Se debió tener claro el objetivo de la auditoría para elaborar un cuestionario adecuado compuesto de preguntas que tenían un determinado fin y además sean imprescindibles para esclarecer la tarea de investigación. De todas formas, el éxito del relevamiento estuvo dado por el nivel de comunicación alcanzado entre el investigador y el entrevistado, donde además resultó de suma importancia la

confianza del entrevistado para con la tarea de investigación a la cual aportaba los datos, para lograrlo, se debió aclarar que la investigación estaba orientada con fines netamente académicos y comprender o interpretar los intereses de cada entrevistado.

3.1.2. Definición de objetivos de la auditoría

Para realizar la investigación fue necesario hacer foco en los riesgos ambientales que generan los diferentes procesos estudiados y para encontrar estos riesgos, fue necesario realizar una serie de etapas; como lo son, la planificación del relevamiento, la revisión y relevamiento de los riesgos y, por último, la asociación y relación de riesgos encontrados. En lo que respecta a la etapa de planificación, se debió prestar atención tanto a lo que sucede dentro de la empresa como a lo que podía ocurrir con el entorno, el sistema de tratamiento que poseía para mitigar los efectos de los efluentes y el costo económico que el conjunto de sectores insumía.

Se definió como misión de la auditoría, relevar todos los datos que sean posibles, teniendo en cuenta el listado desarrollado e indagando en mayor profundidad las cuestiones más relevantes del caso, con el objetivo específico de observar las TTS y estar en contacto directo con el objeto de estudio para establecer el nivel de impacto ambiental que posee cada una de las TTS observadas en relación a las otras.

Se definió como alcance de la auditoría, la observación en detalle de las TTS, definiendo, identificando y cuantificando diversos elementos y características necesarias para realizar el proceso. Se tuvo en cuenta que la prioridad era todo lo referido al proceso que se estaba estudiando, por lo tanto, quedaron fuera del alcance todos los insumos, flujos de energía y riesgos tanto ambientales como laborales pertenecientes a otros procesos no observados.

Se debió tener en cuenta que la auditoría es comparativa, es decir, que fue creada para realizar una comparación entre las diferentes TTS que se realizan en diferentes establecimientos, por lo que no existió una formulación y devolución a la empresa de un listado de recomendaciones y medidas correctoras específicas para dicha empresa, de todas formas, los resultados de la investigación y las conclusiones son públicas y están disponibles para la evaluación y consideración de las empresas visitadas y otras similares.

3.1.3. Identificación de escenarios ambientales

En lo referido a información a relevar, se basó la identificación en la Guía de Evaluación del Riesgo Ambiental en el Sector Metalmeccánico (Femeval, s.f.), la cual, se formuló en función del régimen europeo de Responsabilidad Ambiental, por la *Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana (FEMEVAL)*.

Para comenzar a tratar los riesgos, se pueden distinguir dos grupos, los internos y los externos, separados en función de dónde provenga el peligro, así los riesgos internos son los determinados por las prácticas productivas de las industrias, los errores en el trabajo, las fallas en las instalaciones o equipos, defectos de materiales o falta de mantenimiento. Podemos clasificar estos riesgos en los siguientes grupos, detallarlos y establecer la aplicabilidad según el escenario ambiental (EA) descripto. Cabe destacar, que se plantea el riesgo en todo el proceso y, también, en las etapas anteriores y posteriores del tratamiento que sean necesarias para llevar a cabo de forma correcta la técnica de tratamiento superficial.

- 1- Riesgos asociados al proceso de tratamiento superficial: Este es el eje fundamental de los problemas ambientales que puedan ser causados, ya que, sin realizar el proceso de tratamiento, no se tendría riesgo alguno. Estos procesos implican el uso de sustancias químicas, materiales, insumos y generación de residuos que afectan de diversas formas al entorno, difiriendo en los niveles de peligrosidad. En los procesos de tratamiento superficial de piezas pueden existir fugas, vertidos o derrames de los materiales nombrados, pudiendo afectar al entorno. A continuación se detallan los diferentes escenarios ambientales y la aplicabilidad a este caso.

EA1a - Vertidos, derrames y emisiones generados durante los procesos de carga de los equipos empleados para el proceso productivo: En este escenario se tienen en cuenta los accidentes relacionados al proceso de carga de las cubas o reactores donde se realiza el tratamiento en relación al grado de peligrosidad que puede existir en la MP o insumo de proceso. Se debe tener especial atención en el caso de insumos líquidos volátiles, gases o polvos, ya que las emisiones a la atmósfera, en estos casos, son más difíciles de controlar.

EA1b - Liberación de partículas en suspensión y gases, por fallas en los sistemas de retención de partículas y depuración de gases: Los procesos que se basan en la modificación superficial del material por exposición a una sustancia líquida, gaseosa o polvorienta, generan una atmósfera en el reactor con gases y aerosoles cuyas partículas suelen ser recogidas por sistemas de retención y contención, como lo son los aspiradores y filtros. Las partículas liberadas pueden provocar afección al ambiente en general y sus consecuencias dependen, entre otras cosas, del grado de toxicidad de dichas sustancias, las cuales se consideran residuos del proceso. Se agregan en este ítem, los vertidos o emisiones generadas en los procesos de descarga de la máquina o reactor, o fallas en las medidas de contención de fugas o derrames.

EA1c - Vertidos, derrames, fugas o emisiones asociadas a los sistemas de proceso o falla en los sistemas de seguridad: Los riesgos que conlleva este ítem son los vertidos o derrames de sustancias líquidas o fugas de gases que puedan alcanzar zonas de drenaje, afectando tanto el interior como el exterior de la instalación. Estas sustancias no se consideran residuos del proceso, debido a que la fuga o emisión se produciría involuntariamente cuando el proceso esté en marcha, por lo que es necesario relevar los subproductos transitorios que se encuentran en el reactor, cuba u horno.

EA1d - Incendios y explosiones en la zona de proceso: Las fallas relacionadas con los ítems anteriores pueden provocar, además de los riesgos planteados anteriormente, riesgos de incendios o explosiones que, además del peligro que esto representa para los trabajadores y el capital empresarial, pueden producir generación de sustancias con mayor potencial nocivo. Para este caso se deberá evaluar el potencial ígneo y explosivo de los insumos, subproductos o residuos generados.

2- Riesgos asociados al transporte o almacenamiento dentro de la instalación: En las plantas industriales es frecuente el uso de carros o vehículos para transporte de MP, insumos, productos o residuos. Los accidentes por circulación en las vías internas son un riesgo a considerar, ya que además de los vertidos o emisiones pueden generarse incendios o explosiones. Por otro lado, una de las zonas de riesgo más importantes dentro de la planta es la de

almacenamiento de MP, insumos o subproductos, las sustancias presentes pueden estar almacenadas en tanques, envases o depósitos de distintas capacidades, enterrados o sobre la superficie. Como sucede en los escenarios anteriores, se debe destacar el almacenamiento de sustancias líquidas, debido a la facilidad de dispersión y las sustancias gaseosas envasadas a presión debido a la posibilidad de explosión. A continuación se detallan los diferentes escenarios de riesgo que podemos encontrar.

EA2a - Vertidos, derrames o emisiones asociadas al transporte y almacenamiento de MP al punto de aplicación: Los procesos de transporte de MP al punto de aplicación ya sea por batch (lote definido) o a granel (por medio de conductos o tuberías) o bien de almacenamiento de MP, son una fuente de riesgos debido a los choques, fugas, roturas, etc., que puedan ocasionarse. Es importante además de considerar la sustancia transportada, evaluar el grado de reacción a los choques y fugas, relacionado también con la presión de almacenaje. Se considera también, dentro de este escenario el riesgo de fugas o roturas asociadas al trasvase de las sustancias.

EA2b - Vertidos, derrames o emisiones asociadas al transporte y almacenamiento de insumos al punto de aplicación: Los procesos de transporte de insumos, como pueden ser los productos de limpieza, al punto de aplicación ya sea por batch (lote definido) o a granel (por medio de conductos o tuberías), como también el almacenamiento de estos insumos, son una fuente de riesgos debido a los choques, fugas, roturas, etc., que puedan ocasionarse. Como en el caso anterior, es importante evaluar el grado de reacción a los choques y fugas si correspondiera. Se considera también dentro de este escenario el riesgo de fugas o roturas asociadas al trasvase de las sustancias.

EA2c - Explosiones, incendios o reacciones químicas violentas por interacción de sustancias incompatibles: Se debe analizar si dentro del proceso completo existen sustancias incompatibles entre ellas que, a causa de fugas o roturas, generan reacciones con liberación de energía de forma violenta, que acaben provocando incendios o explosiones, o bien, formación de gases tóxicos.

3- Riesgos asociados a las instalaciones auxiliares: En algunos procesos de tratamiento superficial son mayores los riesgos asociados a las instalaciones auxiliares que los asociados al propio proceso, esto se debe a la existencia, por ejemplo, de procesos de limpieza en medios acuosos, calderas, hornos, transformadores de gran potencia, talleres, entre otros. A continuación se detallan los diferentes escenarios de riesgos que se pueden encontrar y su aplicabilidad.

EA3a - Riesgos asociados a las etapas de limpieza previa: En todos los tratamientos es necesario realizar una limpieza previa de la superficie a tratar, si bien, es relevante que se realice la limpieza, no es determinante el uso de un producto limpiador específico. Se debió tener especial atención en aquellos limpiadores que generan vapores o gases tóxicos.

EA3b - Riesgos asociados a calderas: El riesgo existe en aquellos casos en que el proceso requiera de agua u otros fluidos térmicos que permitan mantener las temperaturas del proceso. El riesgo viene dado por el tipo de combustible que se quema, por las emisiones de partículas en suspensión y gases tóxicos que producen afecciones respiratorias y contaminación atmosférica, efecto invernadero y lluvia ácida.

EA3c - Riesgos asociados a talleres internos de mantenimiento de máquinas: La mayoría de las instalaciones cuentan con un pequeño taller de mantenimiento general de las máquinas propias, en donde se generan residuos peligrosos propios de la actividad desarrollada, entre los que se pueden nombrar los aceites, filtros, trapos y absorbentes contaminados, líquidos o fluidos propios de los baños del tratamiento. Por otro lado, se pueden realizar tareas de mecanizado, corte, oxicorte, siendo necesario, en esta última acción, utilizar gases inflamables, como lo son el butano, acetileno y oxígeno. Los riesgos asociados a estas instalaciones vienen dados por vertidos de residuos, por fallas en sistemas de contención, riesgos de incendio o explosión por gases inflamables.

Teniendo en cuenta la primera clasificación dada, se puede continuar enumerando los riesgos externos, es decir, aquellos que son ocasionados por sucesos que provienen desde fuera de las instalaciones consideradas. Se deben tener en cuenta estos riesgos,

ya que un accidente producido por estos podría ocasionar también impactos sobre el entorno natural, humano o socioeconómico. A continuación se detalla brevemente cada uno de los riesgos externos y se establece la aplicabilidad.

- 4- Riesgos asociados a fenómenos naturales: Dentro de las fuentes de riesgos, para este caso, se encuentran más comúnmente las inundaciones, producidas tanto por crecidas de cursos de agua superficial, en el caso en que la empresa se encuentre en zonas inundables, como también por drenajes pluviales insuficientes o con poco mantenimiento, al momento de producirse lluvias o tormentas excepcionales que causen la inundación del establecimiento, barrio o ciudad. A continuación se detalla el escenario ambiental para este riesgo.

EA4a - Inundación debido a lluvias excepcionales: El riesgo viene dado por la intromisión de agua en zonas de proceso, depósitos de residuos peligrosos o de insumos tóxicos, que pueda producir fallas o arrastres de material tóxico dispersándolo en el agua y afectando el medio natural, humano y socioeconómico. Por lo tanto, a la hora de realizar el relevamiento de información y la ponderación de este riesgo, intervendrá tanto el propio riesgo como la toxicidad del elemento que pueda liberarse en el evento.

- 5- Riesgos asociados a las actividades de las instalaciones vecinas: Este caso se refiere a que los sucesos internos que ocurren en las instalaciones vecinas podrían afectar el funcionamiento del establecimiento que desarrolla el tratamiento en estudio. A continuación se detallan los escenarios correspondientes a estos riesgos y su aplicabilidad.

EA5a - Incendio o explosiones en instalaciones vecinas: Este riesgo viene dado por el hecho en que el establecimiento lindante podría verse afectado por un incendio o explosión seguida de incendio, donde el equipo de bomberos deba proceder a sofocar el fuego por medio del empleo de agua y, a la vez, el agua alcance el establecimiento donde se encuentra el tratamiento en estudio, produciendo arrastres de sustancias tóxicas. Aquí también se debe realizar una ponderación en función del proceso y los productos contaminantes que puedan existir.

EA5b - Evacuación inmediata del establecimiento por problemas en establecimientos vecinos: Este riesgo tiene en cuenta la estabilidad del proceso y la facilidad que este tenga de detenerse por cuestiones de emergencia para lograr una evacuación rápida del establecimiento. Dado que el problema no surge del establecimiento en donde se encuentra el tratamiento en estudio, un aspecto positivo sería que luego de la parada de planta, el tratamiento pueda continuar sin pérdida de la calidad esperada o de las piezas utilizadas.

6- Riesgos asociados al acceso de personal no autorizado a las instalaciones: En este caso se debe considerar que la manipulación de procesos o sustancias peligrosas, por parte de personal no autorizado o ajeno a la empresa, puede generar liberaciones de sustancias nocivas al ambiente y situaciones graves como incendios o explosiones.

EA6a - Intrusión de personal no autorizado: Aquí se hace referencia a los problemas que podría ocasionar una persona ajena a la planta, no autorizada a ingresar, en caso de no poseer la pericia técnica o actuar adrede en la manipulación de máquinas, insumos o MP. Este riesgo depende en gran medida del grado de peligrosidad del proceso, los insumos, los residuos o la MP.

3.1.4. Identificación de información a relevar

Política ambiental de la empresa

A la hora de darle representatividad a la investigación, fue necesario tomar como referencia las políticas de las empresas visitadas durante el relevamiento, por lo que se debió agregar dentro de las preguntas de la auditoría las cuestiones de política ambiental que llevan a cabo. Dado que esta información está sujeta a la legislación vigente es delicado el relevamiento y publicación de los datos, por lo tanto se decidió relevarlo de forma anónima. El relevamiento se basó en lo siguiente.

- Departamento de Ambiente: Dentro de las políticas ambientales de la empresa se indagó si existía un departamento o sector propio dedicado a los aspectos relacionados con el ambiente y si se dedicaba personal propio o tercerizado para tales tareas, esto nos indica que tan arraigada está la política ambiental en dicha empresa. A la vez se consultó si se llevaban a cabo

auditorías ambientales y en el caso que sea afirmativo, la periodicidad con que se realizaban. Otro dato relevante fue conocer si habían sufrido sanciones en la temática ambiental.

- Inscripción y habilitación en los registros correspondientes: Entendiéndose a los registros como el registro de la industria y el registro de generador de residuos peligrosos, ya que en el caso de que la empresa no se encuentre inscrita estaría operando fuera de la legislación correspondiente, por lo que los datos de política ambiental, auditorías, efluentes, entre otros, podrían no ser representativos.
- Cumplimiento de normas: Se indagó sobre el posible cumplimiento de por ejemplo Norma ISO 14.000, lo cual representa un paso más avanzado al solo hecho del cumplimiento de la normativa ambiental.

Por otro lado, se realizó una planilla de auditoría donde se desarrolla la información relevada, necesaria para evaluar los diferentes escenarios ambientales planteados.

Información general de la empresa

Fue necesario colocar los datos de las diferentes empresas que aceptaron ser publicadas para darle veracidad al relevamiento realizado, por lo que se tuvo en cuenta lo siguiente.

- Datos generales: Se relevaron los datos de ubicación básicos como nombre de la empresa, domicilio, localidad y actividad principal.
- Cantidad de integrantes de la empresa: Se relevó la cantidad de personal que contiene la empresa para identificarla como pequeña, mediana o grande, solo para fines informativos.

Descripción del proceso analizado

En este ítem se consultó sobre una TTS específica teniendo en cuenta los siguientes aspectos.

- Nombre de la TTS.
- Material base a tratar: Como no todas las técnicas de tratamiento observadas se aplican a los mismos metales ferrosos, fue necesario especificar el metal

base a tratar, de esta forma a la hora de comparar las técnicas podemos describir los métodos en función del metal a tratar.

- Tamaños de las piezas: Fue un dato interesante a la hora de describir las limitaciones de la TTS.
- Características esperadas del proceso: Se relevaron las características esperadas del proceso, tales como el espesor de capa, la dureza y la protección contra la corrosión, este último ponderado en cuatro niveles (Regular, Bueno, Muy Bueno o Excelente), es decir lo que la empresa asegura que puede cumplirse con el tratamiento realizado.
- Etapas del proceso: En este caso con la descripción de las etapas se logró conocer la duración y complejidad que tenía el proceso completo, además, se obtuvieron otros datos como los insumos intervinientes y las temperaturas de trabajo. Se realizó un flujograma para esquematizar los datos relevados.

Insumos del proceso analizado

Se relevó la información referida a los insumos utilizados para caracterizar el riesgo ambiental que existe debido al uso diario de estos productos y a contingencias que puedan ocurrir con aquellos más contaminantes. Por lo tanto, se consideraron los siguientes aspectos.

- El nombre y el uso o aplicación de cada uno de los insumos.
- Estado de agregación: Este fue importante considerarlo a fines del riesgo que involucra el trabajo con gases o líquidos que puedan dispersarse en el ambiente.
- Consumo: Fue un dato necesario para realizar el análisis de riesgo, que se cuantifica en función de la cantidad de insumos utilizados.
- Tipo de almacenamiento: Fue necesario relevar el requerimiento de almacenamiento de cada producto, esto también estuvo relacionado al riesgo ambiental de almacenamiento de los químicos.
- Agua: Se consideró al agua como insumo importante, por lo que se hizo un apartado específico para esta considerando las etapas donde se utiliza, estado de agregación, consumo, si sale contaminada del proceso y si necesita tratamiento como efluente líquido. Además se realizó una consulta referida a la existencia de procesos al aire libre, con esta se buscó indagar si es

necesario realizar algún proceso que, por alguna característica, sea inviable colocarlo bajo techo. La pregunta estuvo referida a la posibilidad de que el agua de lluvia arrastre contaminantes que se encuentren en la zona del proceso al aire libre y se escurra a través de los desagües pluviales.

Residuos del proceso analizado

Este fue otro de los puntos necesarios para lograr una correcta caracterización del riesgo ambiental asociado al tratamiento que se analizó, por lo que se consideró lo siguiente.

- En este caso las preguntas se relacionaron con la documentación, identificación, cantidad, estado (sólido, líquido o gaseoso), clasificación (en residuos comunes o residuos peligrosos) y la cantidad generada de los diferentes residuos.
- Almacenamiento de residuos peligrosos: Las preguntas estuvieron asociadas al riesgo ambiental de tener almacenados los residuos peligrosos en áreas que no sean las aptas para tal acopio.
- Generación de subproductos: En muchos casos los desechos de algunos procesos pueden ser considerados como las materias primas de otros procesos (vendidos como subproductos), por lo tanto, se indagó sobre la posibilidad de comercializar algún subproducto generado y de esta forma no tener costos de tratamiento y disposición final.

Flujos de energía del proceso analizado

Este fue un factor importante a considerar a la hora del análisis ambiental ya que los procesos con menor consumo de energía o menor pérdida de energía, en forma de ruido, vibraciones o carga térmica, son ambientalmente más amigables, por lo tanto, se consideraron los siguientes puntos.

- Inercia de arranque de máquinas: Esto se relacionó con la inercia normalmente térmica de arranque de la máquina, es decir, el tiempo necesario para llegar a la temperatura de trabajo, ya que en procesos de gran inercia térmica el gasto calórico de encendido debe ser considerado.

- Formas de energía perdida: Se relacionó con los ruidos, vibraciones y carga térmica permanente o no, que se pudo encontrar a la hora de realizar el proceso, ya que, en el caso de niveles excesivos, además de pérdida de energía, debe existir una acción que mitigue el efecto que causan dichos fenómenos, lo cual ocasiona gastos.

Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado

Uno de los problemas o desventajas planteadas, con respecto a las TTS innovadoras, es la necesidad de mayor conocimiento técnico; por lo tanto, se debió considerar en cada proceso analizado los aspectos relacionados a los recursos humanos necesarios para realizar los tratamientos, considerando los siguientes puntos.

- Cantidad y calificación de las personas abocadas al proceso.
- Formación de los mandos medios y del personal jerárquico que comanda los detalles de calidad del proceso.

Infraestructura necesaria para el proceso analizado

En este caso, un factor relevante fue indagar sobre las máquinas necesarias para realizar las diferentes TTS, además, fue necesario tener en cuenta la descripción de las instalaciones edilicias y superficies necesarias (administración, producción, depósito, servicios auxiliares, depósito de residuos peligrosos), detalle de entradas de personal, entradas vehiculares, tipo de construcción (paredes, pisos, techo), ya que esto también influye en el factor económico de la TTS.

Valor final del proceso analizado

El análisis económico se completó conociendo el valor del tratamiento considerado, para esto, se decidió relevar algunos datos de piezas tratadas junto con sus características físicas y el valor económico, en alguna unidad común. Se considera que el valor del tratamiento es una unidad representativa, ya que, si la empresa se encuentra en funcionamiento, realizando las TTS posee ajustado sus márgenes y costos para ser competitivo.

Insumos y MP del proceso analizado					
			SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?					
¿Existe un stock de insumos permanente?					
Observaciones					
Listar MP e insumos - Características					
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)	
Observaciones					
Insumo particularmente importante: Agua					
			SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?					
Observaciones					
Listar uso de agua					
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO	
Observaciones					
Residuos del proceso analizado					
			SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?					
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?					
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?					
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?					
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?					
Observaciones					
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.					
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vend.?	
Observaciones					

Flujos de energía del proceso analizado				
	SI	NO	PARCIAL	
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?				
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?				
¿Se intentó reducir la cantidad de energía eléctrica consumida satisfactoriamente?				
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?				
¿Dichos ruidos son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?				
¿Dichas vibraciones son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				
¿Dicha carga térmica es permanente?				
Detallar etapas				
Observaciones				
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario				
Calificación necesaria				
Formación mandos medios				
Formación personal jerárquico				
Observaciones				
Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Observaciones				
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Unidad
Observaciones				

ANÓNIMO			
Política ambiental de la empresa			
	SI	NO	PARCIAL
¿Posee un sector de gestión ambiental propio o tercerizado?			
¿Se realizó alguna auditoría ambiental?			
¿Se realizan auditorías ambientales periódicas?			
¿Han sufrido sanciones en la temática ambiental?			
¿Conoce el marco regulatorio ambiental?			
¿Cumple con alguna Norma de Gestión Ambiental, Ej IRAM o ISO?			
¿Está inscripto como industria?			
¿Está inscripto como generador de residuos peligrosos?			
Observaciones			

3.2. Investigación de campo. Etapa de auditoría

En la investigación de campo se cumplió con la misión y el objetivo citado anteriormente, para ello, se visitó cada una de las empresas y se mantuvo una conversación profesional, con la que se adquirió información dada por profesionales con experiencia en el rubro, en posiciones de mandos medios o propietarios de las diferentes empresas. La finalidad perseguida en esta instancia fue nutrir el trabajo con datos reales y adicionalmente testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica para buscar una conclusión objetiva.

3.2.1. Proceso de auditoría

Se visitó la empresa y se verificó la situación técnica y ambiental tomando todos los datos necesarios según la planilla de auditoría ambiental y los datos adicionales que se presentaron en el transcurso de la visita. El método de control técnico utilizado fue la observación científica y de forma directa por parte del auditor, entendiéndose a esto como la observación del proceso in situ, con un objetivo definido y una preparación previa, tomando registros para su posterior análisis. La observación fue individual, es decir que asistió solo el investigador y realizó el trabajo. Las planillas correspondientes al relevamiento se presentan en el Anexo 1 y los resultados de dicha planilla serán analizados en el capítulo 4 de la tesis.

3.3. Análisis de datos y resultados. Etapa de pos auditoría

3.3.1. Análisis de datos relevados

En el “capítulo 4. Análisis de Datos y Resultados”, se presenta cada una de las empresas visitadas y el proceso observado en cada relevamiento. Luego, se detallan los insumos y residuos, identificando y caracterizando cada uno de ellos, se presenta información teniendo en cuenta el grado de toxicidad, susceptibilidad a explosión y peligrosidad de cada uno y se formula una tabla con las características más relevantes de cada insumo o MP utilizada, la cual tiene la siguiente forma.

Materias primas e insumos: técnica analizada						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata Ingestión	LD50 Conejo Dérmico	LC50 Inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro organismos	DQO	Otro

Tabla 13: Metodología para la exposición de los datos de MP e insumos

Posteriormente, se ponderan los requerimientos de energía del proceso, la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo las TTS, la infraestructura necesaria y el costo final del proceso por kg de material terminado. Dado que la tesis es comparativa, para establecer la ponderación se tomó la información relevada y se dividió en tres grupos según la magnitud o el nivel de complejidad, resultando en ponderaciones llamadas baja, media y alta, según los niveles detallados en la tabla que se encuentra a continuación.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía	0 a 3500 Kwh/tnTrat.	3501 a 7000 Kwh/tnTrat.	>7001 Kwh/tnTrat
Capacidad técnica necesaria	Operarios, técnicos y universitarios instruidos	Técnicos y universitarios instruidos	Técnicos y universitarios con conocimiento de la tecnología
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares	Baja complejidad, operando en cubas abiertas	Media complejidad, operando en cubas cerradas a presión atmosférica	Alta complejidad, operando en cubas cerradas a presiones inferiores a la atmosférica
Costo del tratamiento	0 a 50 \$/kgTratado	51 a 100 \$/kgTratado	>101 \$/kgTratado

Tabla 14: Metodología de la ponderación de información relevada.

En cuanto al análisis de riesgos, como primera medida, se realiza la estimación de la probabilidad, procediendo según lo detallado en el marco teórico. Luego, a cada escenario ambiental se lo valora teniendo en cuenta cada entorno ambiental, hallando el valor final correspondiente para cada escenario según el entorno considerado. Este valor final es una ponderación del nivel de peligrosidad existente. Luego se valoran los datos en la matriz de doble entrada, obteniendo una visualización general y en la matriz visualización de riesgos, donde se halla el porcentaje de riesgo que corresponde a cada TTS, completando las tablas descriptas en el marco teórico.

Finalmente se toman las planillas de relevamiento de políticas ambientales, analizando y exhibiendo un resultado general y porcentual, del estado del cumplimiento de la Normativa por parte de las empresas. Esto fue de utilidad para el “capítulo 5. Discusión”.

3.3.2. Metodología de presentación de resultados

Con la información y los resultados del análisis presentados en el “*capítulo 4. Análisis de Datos y Resultados*”, se realizó una tabla de visualización general donde se colocan las TTS y el porcentaje de cada riesgo hallado según la matriz general de riesgos, la cual toma la siguiente forma.

TTS	Riesgo Elevado [%]	Riesgo Moderado [%]	Riesgo Bajo [%]
TTS A			
TTS B			
TTS C			
TTS D			
TTS E			
TTS F			

Tabla 15: Metodología del resumen de riesgos hallados

En este caso, se remarca el mayor porcentaje de riesgo tomándolo como representativo.

Sabiendo que la finalidad de las TTS es obtener una mejora notable en la resistencia al desgaste y a la corrosión en la superficie del metal tratado, se muestra en forma gráfica, nuevamente las figuras 15 y 16, del “*capítulo 2. Marco Teórico*”, pero agregando los resultados del análisis de datos a las mismas figuras, de tal forma de visualizar una lectura general.

Dado que, en la matriz de visualización de riesgos, se establecen los diferentes niveles para el riesgo y en la matriz de ponderación de información relevada, la capacidad técnica necesaria y el costo del tratamiento, resaltadas todas las características en tres colores, se presentaron las tablas agregando los colores respectivos, logrando así una visualización general del análisis Ambiental-Técnico-Económico, de tal forma que las figuras tomarían la siguiente estructura.

Posición de la ponderación		
Celda izquierda	Celda central	Celda derecha
Riesgo ambiental	Complejidad técnica	Estimación económica

Tabla 16: Metodología de codificación de presentación de resultados Ambiental-Técnico-Económico

Presentación de resultados Ambiental - Técnico - Económico en función de la dureza [HRC]										
10 a 20		30	40	50 a 60			70	80 a 100		
TTS A				TTS B				TTS C		
TTS D				TTS E				TTS F		

Tabla 17: Metodología de presentación de resultados Técnico-Económico-Ambiental en función de la dureza

Presentación de resultados Ambiental - Técnico - Económico en función de protección contra la corrosión									
Baja	Buena			Muy buena			Excelente		
	TTS A			TTS B			TTS C		
	TTS D			TTS E			TTS F		

Tabla 18: Metodología de presentación de resultados Técnico-Económico-Ambiental en función de la protección contra la corrosión

Finalmente se muestran las tablas de capacidad técnica, presentando una tabla con las ponderaciones de todos los tratamientos relevados. En el caso de la ponderación económica, se decidió presentar el indicador costo final del tratamiento por kg de piezas tratadas, ya que, es el valor que engloba a todos los demás factores considerados en la tabla de ponderación de la información relevada. El relevamiento de los demás datos resultó de utilidad para el “Capítulo 5. Discusión”.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

4.1. Análisis de datos.

Las empresas visitadas y relevadas fueron las listadas a continuación, junto con el análisis de los datos. Para mayor detalle de los datos relevados ver las planillas de los correspondientes relevamientos en el Anexo 1.

4.1.1. Ionar S.A. – Nitruración iónica

Ionar S.A., es una empresa argentina de base tecnológica que, desde 1990, brinda servicios a la industria metalmecánica. Tiene amplia experiencia en procesos asistidos por plasma para mejorar la resistencia al desgaste, corrosión y fatiga de elementos o piezas fabricados en acero o fundición. Es una empresa innovadora que utiliza la tecnología más moderna, aplica criterios de mejora continua y mantiene vínculos con centros de investigación nacionales y del exterior. Esta empresa está ubicada en Villa Maipú, San Martín, Bs. As.

En este caso se observó la TTS llamada nitruración iónica, descripta dentro del punto 2.2.9.3. A continuación se expresa el flujograma desarrollado en el

relevamiento; donde cabe destacar que, para realizar el tratamiento, se debe tener un riguroso control en el lavado previo.

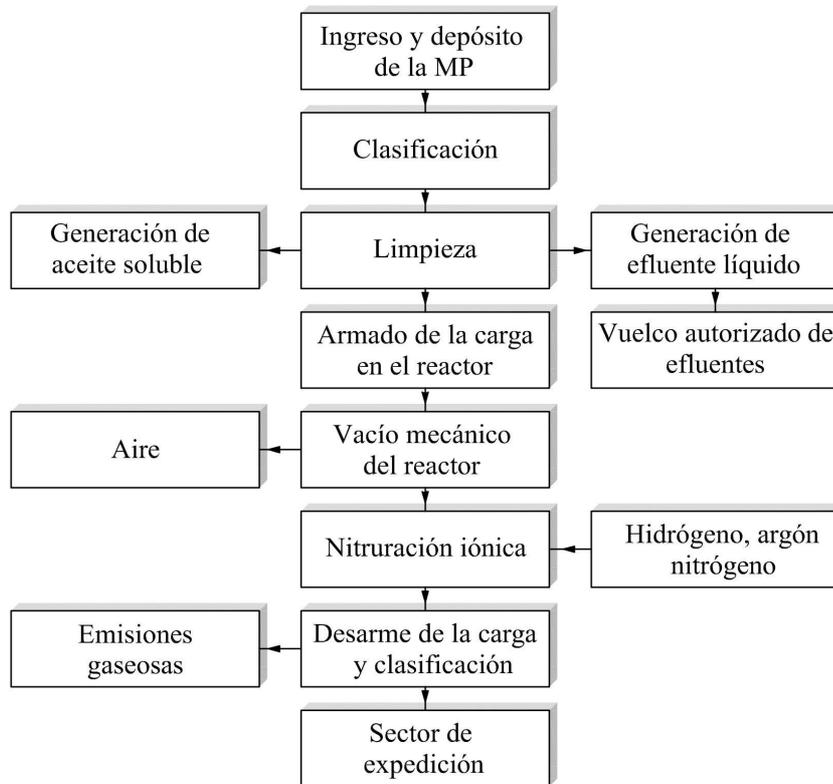


Figura 21: Flujograma nitruración iónica

Es importante notar que el diagrama de flujo hace referencia a un vuelco autorizado de efluentes líquidos, pero este no es de forma continua, sino que el proceso de lavado es un circuito cerrado que genera efluentes por batch, es decir esporádicamente y se realiza solo cuando el baño desengrasante agota su capacidad de limpieza.

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso se enumeran y caracterizan a continuación. De la caracterización surge que los elementos utilizados no son nocivos para la salud, excepto por el insumo de limpieza, el cual es el de mayor riesgo relativo.

- Hidrógeno: Se utiliza como materia prima (Indura, 2016).
- Nitrógeno: Se utiliza como materia prima (Indura, 2016).

- Argón: Se utiliza como gas inerte de barrido (Indura, 2016).
- Metal cleaner 274I: Se utiliza para realizar la limpieza y desengrase previa de las piezas a tratar (Metal Chem SA, 2017).

Materias primas e insumos: nitruración iónica						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
Nitrógeno	Nitrógeno puro (N ₂)	Gas alta presión	Si	No	No	No
Hidrógeno	Hidrógeno puro (H ₂)	Gas alta presión	Si	Si	Si	Si
Argón	Argón puro (H ₂)	Gas alta presión	Si	No	No	No
Metal cleaner 274I	Hidróxido de Sodio, Silicatos, Surfactantes parcialmente biodegradables	Polvo	No	No	No	No
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
Nitrógeno	No aplicable	No aplicable	Inconsciencia y muerte	No aplicable	Sin datos	---
Hidrógeno	No aplicable	No aplicable	Inconsciencia y muerte	No aplicable	Sin datos	---
Argón	No aplicable	No aplicable	Asfixia por def. de oxígeno	No aplicable	Sin datos	
Metal cleaner 274I	Quemaduras graves	Quemaduras graves	Irritación de vías respiratorias	Quemaduras graves	Sin datos	---
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Nitrógeno	Sin datos	Si	Zona alta	No	No	Sin datos
Hidrógeno	CO ₂	Si	Zona alta	Si	Si	Combustibles
Argón	Sin datos	Si	Zona alta	No	No	Sin datos
Metal cleaner 274I	Chorro de agua directo	No	No aplicable	No	Si	Metales no ferrosos, alogenados, materia orgánica
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Conejo dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
Nitrógeno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Hidrógeno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Argón	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Metal cleaner 274I	1150mg/kg (Silicatos)	Quemaduras graves (Hidróxido de Sodio)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro organismos	DQO	Otros
Nitrógeno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Hidrógeno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Argón	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Metal cleaner 274I	10 a 100mg/l - 96hs	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 19: Caracterización de los insumos y MP para nitruración iónica

Residuos

Los residuos del proceso son combinaciones de las materias primas e insumos anteriores, por lo que tienen similares características y grados de peligrosidad, a continuación se detallan y caracterizan.

- Material particulado: Se genera en la cabina de blasting. En caso de exposiciones prolongadas a concentraciones relativamente elevadas, el material particulado en suspensión puede generar silicosis. En este caso no se detectaron niveles altos de material particulado.
- Emulsiones de aceites, grasas y soluciones limpiadoras: Se genera en la limpieza de las piezas y se eliminan en tachos de 200l como residuos especiales (Según Ley 24.059) categoría Y08.
- Efluente líquido pos tratamiento de separación de aceites y grasas: El líquido resultante se elimina a través de la red cloacal en bach cuando el baño desengrasante alcanza su límite de utilización.
- Gases pos tratamiento: Se generan en el momento de operación y apertura del reactor. Están compuestos por diferentes cantidades de nitrógeno, hidrógeno y argón. Se debe tener en cuenta que la presión de trabajo dentro del reactor es de 5mbar, teniendo en cuenta que la presión atmosférica es 1,013bar, la presión de trabajo corresponde a 0,5%, por lo que los gases al evacuarse se mezclan con el aire resultando en cantidades de gas despreciables.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para el caso de este tratamiento muestra que se utiliza una cantidad de energía relativamente baja y es necesario un alto nivel de capacidad técnica y de máquinas.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía	2000 kWh/tn		
Capacidad técnica necesaria			Alta
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares			Alta
Costo del tratamiento		72 \$/kg	

Tabla 20: Ponderación de la información relevada para nitruración iónica

Evaluación del riesgo ambiental

Se evalúa el riesgo según cada entorno ambiental planteado para el tratamiento estudiado. Se debe tener en cuenta que en los tres casos la probabilidad de ocurrencia del escenario ambiental es la misma, al igual que en el caso del valor cantidad.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	3	1	2	1	2	8	2
EA1b-N	4	1	2	1	2	8	2
EA1c-N	2	1	2	1	2	8	2
EA1d-N	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-N	2	1	3	1	2	10	2
EA2b-N	2	1	2	1	2	8	2
EA2c-N	1	1	2	1	2	8	2
EA3a-N	1	2	2	1	2	9	2
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	1	2	1	2	8	2
EA4a-N	3	2	2	2	2	10	2
EA5a-N	3	2	2	2	2	10	2
EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1
EA6a-N	3	2	3	1	2	11	3

Tabla 21: Ponderación de EA sobre el entorno natural para la nitruración iónica

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	3	1	1	1	1	5	1
EA1b-H	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA1d-H	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-H	2	1	1	1	1	5	3
EA2b-H	2	1	3	1	1	9	2
EA2c-H	1	1	3	1	1	9	2
EA3a-H	1	2	3	1	1	10	2
EA3b-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-H	3	2	2	2	1	9	2
EA5a-H	3	2	1	2	1	7	1
EA5b-H	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-H	3	2	2	1	1	8	2

Tabla 22: Ponderación de EA sobre el entorno humano para la nitruración iónica

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	3	1	1	1	1	5	1
EA1b-S	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA1d-S	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-S	2	1	1	1	1	5	1
EA2b-S	2	1	1	1	1	5	1
EA2c-S	1	1	3	1	1	9	2
EA3a-S	1	2	2	1	1	8	2
EA3b-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-S	3	2	2	2	2	10	2
EA5a-S	3	2	2	2	1	9	2
EA5b-S	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-S	3	2	3	1	3	12	3

Tabla 23: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para la nitruración iónica

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad, se debe notar que el mayor riesgo alcanzado está dado por el escenario EA6a, que corresponde a la intrusión de personal no autorizado en el entorno natural y socioeconómico.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4				EA1b-N	EA1b-H EA1b-S
	3			EA6a-N EA6a-S	EA1a-N EA4a-N EA5a-N EA4a-H EA6a-H EA4a-S EA5a-S	EA5b-N EA1a-H EA5a-H EA5b-H EA1a-S EA5b-S
	2			EA1d-N EA1d-H EA2a-H EA1d-S	EA1c-N EA2a-N EA2b-N EA3c-N EA2b-H	EA1c-H EA3c-H EA1c-S EA2a-S EA2b-S EA3c-S
	1				EA2c-N EA3a-N EA2c-H EA3a-H EA2c-S EA3a-S	

Tabla 24: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para nitruración iónica

Se ordenan los resultados en la matriz de visualización de riesgos, en la cual se debe notar que la mayor cantidad de estos son de nivel bajo, mientras que, entre los riesgos llamados moderados se acumula el resto. Se observa también que la suma del porcentaje de riesgos no llega a ser del 100%, esto se debe a que existen escenarios ambientales que son considerados como nulos, en este caso corresponden a los escenarios EA3b-N, H y S, los cuales suman un 7%. En los posteriores análisis se observan similares consideraciones.

Nitruración iónica			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	0	0
Alto			
Medio	Riesgo moderado	19	19/42=45%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	20	20/42=48%

Tabla 25: Matriz de visualización de riesgo para nitruración iónica

4.1.2. Ionar S.A. – Nitrocarburation iónica

En este caso se observó la TTS llamada nitrocarburation iónica descrita dentro del punto 2.2.9.3, en la misma empresa mencionada anteriormente. A continuación, se expresa el flujograma desarrollado en el relevamiento.

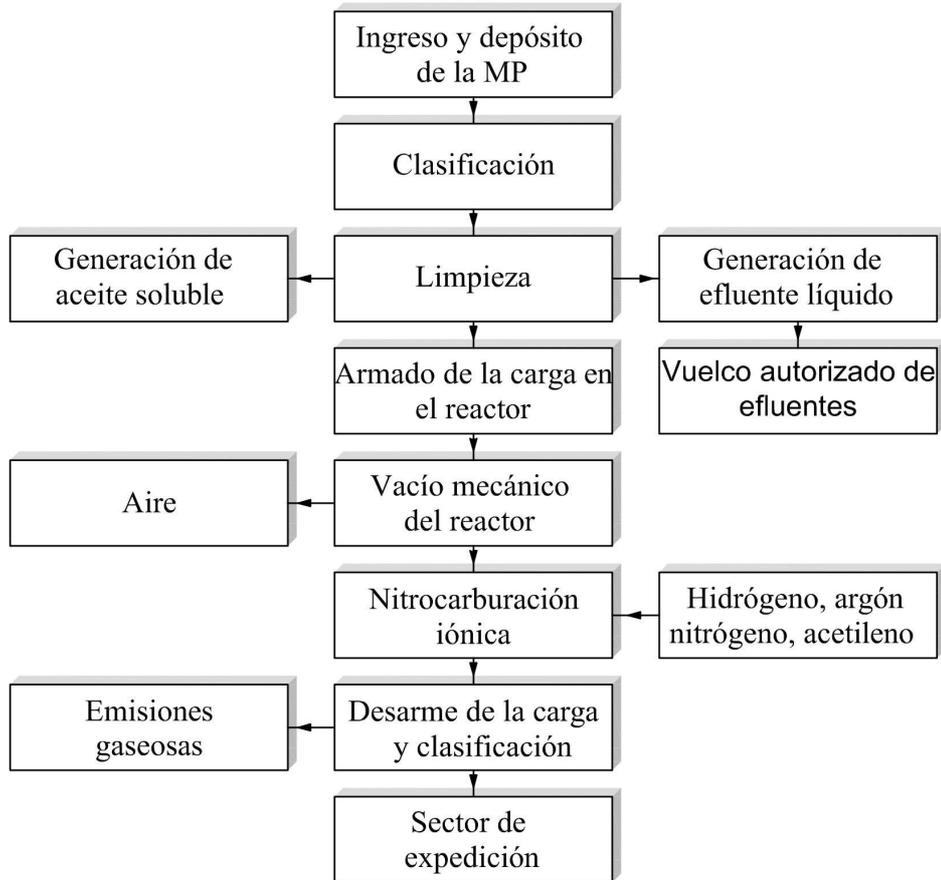


Figura 22: Flujograma nitrocarburoción iónica

Al igual que la nitruración iónica, el vuelco autorizado de efluentes hace referencia a un vuelco por bach, en pequeñas cantidades y solo cuando el baño desengrasante agota su capacidad de limpieza.

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso son iguales al proceso anteriormente descrito, debido a esto, se agrega a continuación solo la MP diferente. Se deben notar que este gas posee características más peligrosas que los anteriores, es decir ser inflamable y explosivo.

- Acetileno: se utiliza como materia prima para el aporte de carbono a la superficie (Indura, 2016).

Materias primas e insumos: nitrocarburation iónica						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
Acetileno	Acetileno	Gas alta presión	Si	Si	Si	Si
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
Acetileno	No aplicable	No aplicable	Asfixia por def. de oxígeno	No aplicable	Sin datos	---
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Acetileno	CO ₂ y Halógenos	Si	Zona alta	No	Si	Cobre, Plata, Mercurio.
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Conejo dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
Acetileno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro-organismos	DQO	En suelo
Acetileno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 26: Caracterización de los insumos y MP para nitrocarburation iónica

Residuos

Los residuos del proceso, también son similares al proceso anteriormente citado, en este caso, al adicionarse el material carburante (acetileno), la mezcla de gases post tratamiento tendrá cierta cantidad de este gas no disociado durante el tratamiento.

- Gases pos tratamiento: Se generan en el momento de operación, debido a la presión mantenida dentro del reactor y, además, en el momento de la apertura del reactor. Están compuestos por diferentes cantidades de nitrógeno, hidrógeno, argón y acetileno. Al igual que el caso anterior, se debe tener en cuenta que la presión de trabajo dentro del reactor es de 5mbar y dado que la presión atmosférica es 1,013bar, la presión de trabajo corresponde a 0,5%, por lo que los gases al evacuarse se mezclan con el aire resultando en cantidades de gas despreciables.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para el caso de este tratamiento muestra una situación análoga al tratamiento de nitruración iónica, debido a que la única diferencia entre ambos tratamientos es el aporte de carbono, en pequeñas cantidades, a la superficie.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía	2000 kWh/tn		
Capacidad técnica necesaria			Alta
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares			Alta
Costo del tratamiento		72 \$/kg	

Tabla 27: Ponderación de la información relevada para nitrocarburation iónica

Evaluación del riesgo ambiental

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4				EA1b-N	EA1b-H EA1b-S
	3			EA6a-N EA6a-S	EA1a-N EA4a-N EA5a-N EA4a-H EA6a-H EA4a-S EA5a-s	EA5b-N EA1a-H EA5a-H EA5b-H EA1a-S EA5b-S
	2			EA1d-N EA1d-H EA2a-H EA1d-S	EA1c-N EA2a-N EA2b-N EA3c-N EA2b-H	EA1c-H EA3c-H EA1c-S EA2a-S EA2b-S EA3c-S
	1				EA2c-N EA3a-N EA2c-H EA3a-H EA2c-S EA3a-S	

Tabla 28: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para nitrocarburation iónica

A partir de este punto, por cuestiones de orden y visualización de los resultados se omiten los diferentes análisis de las ponderaciones de los entornos, para visualizarlos ver el Anexo 2 y en este caso en particular, ver el punto A.2.1. En la matriz se debe notar que los riesgos están distribuidos de forma igual a la TTS anterior. Este comportamiento generó unas observaciones en cuanto al método de análisis utilizado, las cuales se plasman en el “capítulo 5. *Discusión*”.

Ordenando los resultados en la matriz de visualización de riesgos se observa que los porcentajes de riesgos son idénticos al caso anterior.

Nitrocarburation iónica			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	0	0%
Alto			
Medio	Riesgo moderado	19	19/42=45%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	20	20/42=48%

Tabla 29: Matriz de visualización de riesgo para nitrocarburation iónica

4.1.3. Sudosilo S.A. – PVD

Sudosilo S.A., es una empresa industrial dedicada a los tratamientos térmicos de aceros y aleaciones no ferrosas y a la ingeniería de superficies, cuyas actividades se iniciaron en el año 1954. Sirve a industrias de las más diversas ramas, entre ellas la industria petrolera, automotriz, aeronáutica, de implantes médicos y odontológicos, alimenticia, de máquinas herramienta, de defensa, de minería, de electrodomésticos, etc. En los años más recientes ha desarrollado, equipos y procesos de Chemical Vapor Deposition (CVD) y de Physical Vapor Deposition (PVD) con tecnología propia, estos son usados para revestir con nitruro y carbonitruro de titanio herramientas de aceros rápidos y de carburos sinterizados. Recientemente ha incorporado nuevos compuestos de nitruro de titanio y aluminio (TiAlN) y nitruro de cromo (CrN) para cubrir las nuevas necesidades del mercado, además, de ampliar el campo de aplicación de los revestimientos a otras áreas como: industrias del plástico, conformados en frío, bioingeniería, odontología, etc. Esta empresa está ubicada en Córdoba capital.

En este caso, se observó la TTS llamada PVD, descrita dentro del punto 2.2.9.7 y en particular el revestimiento de nitruro de titanio (TiN). A continuación se expresa el flujograma desarrollado en el relevamiento.

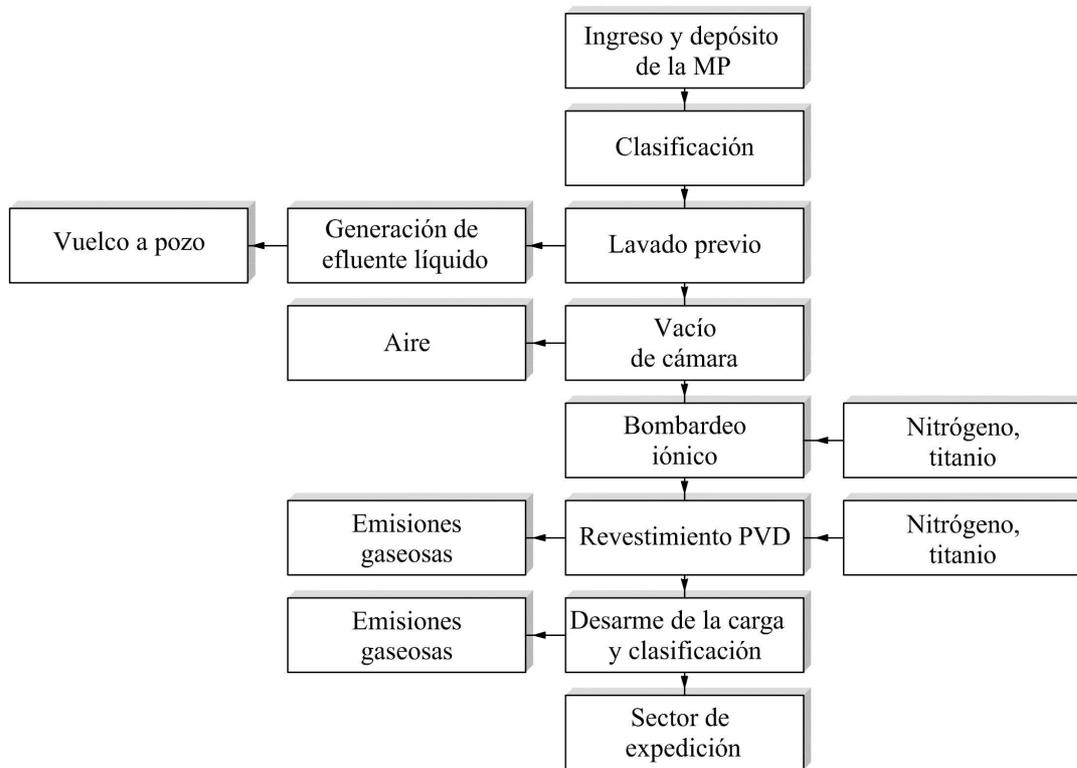


Figura 23: Flujograma PVD

En este caso, el vuelco a pozo del que hace referencia el flujograma tiene las mismas características que los casos anteriores, es decir que se realiza un vuelco esporádicamente cuando los baños de limpieza agotan su capacidad de lavado.

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso se caracterizan a continuación, se debe notar que no se encontraron datos completos para el titanio sólido en pastillas, conocido como cátodo, por lo que se toman algunos datos correspondientes al titanio sólido en polvo, aunque en algunos casos, estos fueron omitidos debido a que la exposición al polvo no era aplicable, ya que el tamaño de las pastillas es de aproximadamente Ø50mm.

- Nitrógeno: Se utiliza como materia prima de recubrimiento (Indura, 2016).
- Cátodos de titanio: Se utiliza como materia prima de recubrimiento (Quimipal, s.f.).
- LC Suds 60: Detergente utilizado como insumo para la limpieza previa (Laboratorios Certificados SACI, 2017).

Materias primas e insumos: PVD						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
LC Suds 60	Varios	Líquido	No	No	No	No
Nitrógeno	Nitrógeno puro (N ₂)	Gas alta presión	Si	No	No	No
Titanio	Titanio	Sólido	No	No	No	No
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
LC Suds 60	Irritación	Irritación	Irritación	Sin datos	Sin datos	---
Nitrógeno	No aplicable	No aplicable	Inconsciencia y muerte	No aplicable	Sin datos	---
Titanio	No aplicable	Irritante	No aplicable	No aplicable	Sin datos	---
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
LC Suds 60	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No	Si	Ácidos
Nitrógeno	Sin datos	Si	Zona alta	No	No	Sin datos
Titanio	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
LC Suds 60	148.000mg/kg (por Fosfato Trisódico dodecahidrato)	80mg/kg (por Fosfato Trisódico dodecahidrato)	86,4mg/L (por Fosfato Trisódico dodecahidrato)	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Nitrógeno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Titanio	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro organismos	DQO	Otros
LC Suds 60	720mg/L (96hs) (para Dietanolamida de coco)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Nitrógeno	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Titanio	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 30: Caracterización de los insumos y MP para el PVD

Residuos

Los residuos del proceso, junto con la caracterización realizada, se detallan a continuación.

- Efluente líquido de limpieza: El líquido resultante se elimina a través una red a un pozo absorbente, en bach, cuando el baño desengrasante alcanza su límite de utilización. Normalmente, las piezas no poseen una cantidad de aceite o grasa relevante y, en su mayoría, llegan protegidas por films de plástico para evitar su oxidación o contaminación.
- Gases pos tratamiento: Se generan en el momento de operación, debido al flujo de gas que no logra penetrar en la superficie. Está compuesto por diferentes cantidades de nitrógeno. Se debe tener en cuenta que la presión de trabajo dentro del reactor, para este caso, es de 0,1mbar, teniendo en cuenta que la presión atmosférica es 1,013bar, la presión de trabajo corresponde a un porcentaje muy bajo del 0,1%; por lo que los gases, al evacuarse, se mezclan con el aire resultando en cantidades de gas despreciables.
- Restos de cátodos de titanio: El cátodo es un consumible que debe cambiarse cada aproximadamente 40 tratamientos, este tiene un importante valor comercial, ya que es un metal puro que se reutiliza, por lo tanto se acopia para entregarlo al proveedor.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para este tratamiento muestra que el nivel de energía necesaria se encuentra en el nivel medio y, además, que el costo del tratamiento excede notablemente el nivel de los demás tratamientos.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía		6000 kWh/tn	
Capacidad técnica necesaria			Alta
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares			Alta
Costo del tratamiento			800 a 1000 \$/kg

Tabla 31: Ponderación de la información relevada para PVD

Evaluación del riesgo ambiental

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4					EA1b-N EA1b-H EA1b-S
	3				EA4a-N EA6a-N EA6a-H EA4a-S EA6a-S	EA1a-N EA5a-N EA5b-N EA1a-H EA4a-H EA5a-H EA5b-H EA1a-S EA5a-S EA5b-S
	2				EA2b-N EA3c-N EA1d-S	EA1c-N EA1d-N EA2a-N EA1c-H EA1d-H EA2a-H EA2b-H EA3c-H EA1c-S EA2a-S EA2b-S EA3c-S
	1				EA3a-N EA3a-H	EA2c-N EA2c-H EA2c-S EA3a-S

Tabla 32: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para PVD

Para visualizar los detalles de los entornos ambientales ver el punto A.2.2., en este caso se debe notar que existe un amplio predominio de riesgos bajos, debido a que no existen insumos ni materias primas de importante peligro.

Ordenando los resultados en la matriz de visualización de riesgos podemos observar que se comprueba lo antes dicho y este es el caso con mayor cantidad de riesgos bajos.

PVD			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	0	0%
Alto			
Medio	Riesgo moderado	8	8/42=19%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	31	31/42=74%

Tabla 33: Matriz de visualización de riesgo para PVD

4.1.4. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración Tenifer + QPQ

Sulfinuz Argentina S.A.I.C., es una empresa dedicada a los tratamientos termoquímicos de piezas de aleaciones ferrosas. Fundada en 1962. Cuenta con 3 hornos eléctricos de atmósfera controlada para piezas de distintos tamaños de diámetro 900mm, y largos de 6000mm. Entre otros tratamientos se destaca el nitrurado Tenifer + QPQ, esto se refiere a la nitruración en baños de sales Tenifer con posterior oxidación en sales AB1, que ha sido usada por gran variedad de industrias a lo largo del mundo durante muchas décadas. Es empleada para mejorar la resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga de piezas de acero, fundición y materiales sinterizados. En muchos casos se utiliza como alternativa a otros procesos de tratamiento superficial tal como cementación y cromo duro con equivalentes o mejores cualidades y una importante economía. Esta empresa está ubicada en CABA, Bs. As.

En este caso se observó la TTS llamada nitruración Tenifer + QPQ, descrita dentro del punto 2.2.9.1. A continuación se expresa el flujograma desarrollado en el relevamiento. Se debe notar que en este proceso es necesario un calentamiento previo, para evitar que el baño de sales se vea afectado por un descenso de la temperatura a la hora de sumergir las piezas a tratar.

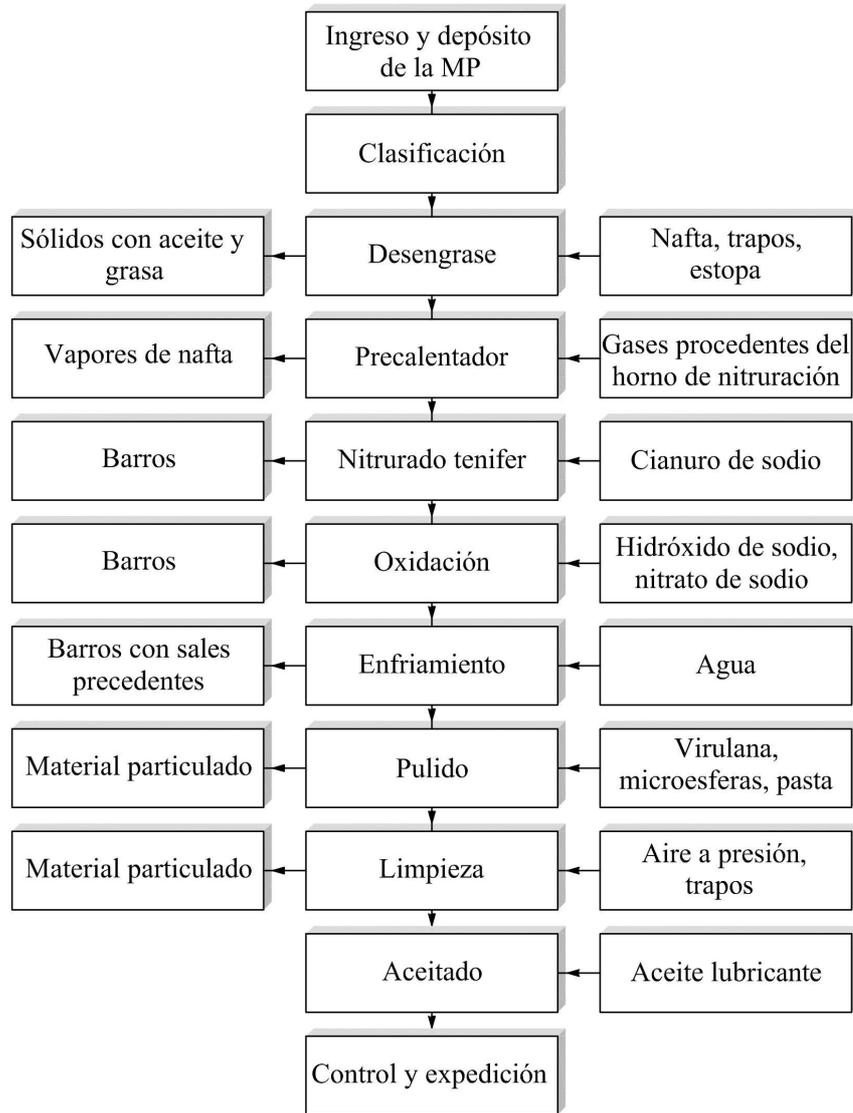


Figura 24: Flujograma nitruración Tenifer + QPQ

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso se caracterizan a continuación, cabe destacar que estos insumos y materias primas poseen un grado de peligrosidad marcado, debido al cianuro presente en ellas, lo positivo de este tratamiento es que no presenta indicadores de carcinogénesis.

- Cianuro de Sodio: Se utiliza como materia prima (Cyplus, 2007).
- Hidróxido de Sodio: Se utiliza como materia prima (Durferrit, do Brasil Química LTDA, 2006).
- Nafta: Se utiliza como insumo de limpieza y desengrase (Axion energy, 2018).
- Aceite: Se utiliza como insumo para aceitado final (West Lubricantes, s.f.).

Materias primas e insumos: nitruración Tenifer + QPQ						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
Cianuro de sodio	Cianuro de sodio	Sólido	No	No	No	No
Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	Sólido	No	No	No	No
Nafta	Gasolina Benceno	Líquido	No	Si	Si	Si
Aceite lubricante	Mezcla de aceites parafínicos	Líquido	No	Si	No	No
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
Cianuro de sodio	Muy tóxico	Muy tóxico	Muy tóxico	Muy tóxico	Muy tóxico	---
Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	Corrosivo	Corrosivo	Levemente tóxico	Severas quemaduras	Sin datos	---
Nafta	Irritación grave	Irritación	Posiblemente mortal	Posiblemente mortal	Sin datos	---
Aceite lubricante	Irritación	Muy baja toxicidad	Irritación	Irritación	Sin datos	---
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Cianuro de sodio	Agua, CO ₂ , Sust. Ácidas	No	Ácido cianhídrico	No	Si	---
Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	Agua	Si caliente se mezcla con agua o metales como Aluminio	Si	No	Ácidos	Agua, Aluminio, Magnesio, Zinc, no verter en Cianuro
Nafta	Chorro de agua directo	Si	Partes bajas	No	Si (Fuertes)	Ácidos, Bases, Halógenos
Aceite lubricante	Chorro de agua directo	Si	Partes bajas	No	Si (Fuertes)	---
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Conejo dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
Cianuro de sodio	5mg/kg	11,8mg/kg	Sin datos	No	No	No
Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	500mg/kg en conejos	Sin datos	Irritación significativa	No	Sin datos	Sin datos
Nafta	5000mg/kg	2151mg/kg	5mg/l – 4hs	Probable	Puede dañar el feto	Sin datos

Aceite lubricante	5000mg/kg	5000mg/kg en Rata	Sin datos	No	No	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro organismos	DQO	Otro
Cianuro de sodio	0,042mg/l - 96hs	0,041mg/l - 48hs	0,03mg/l - 8d	0,001mg/l - 16h	---	Posible adsorción en suelo
Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	(LC10) 25ppm - 24hs	Sin datos	Sin datos	Sin datos	---	Sin datos
Nafta	(EC50) 8,1mg/l	4,6mg/l-48h	3,2mg/l - 48h	15,3mg/l - 48hs	---	Sin datos
Aceite lubricante	Potencial contaminante físico	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 34: Caracterización de los insumos y MP para nitruración Tenifer + QPQ

Residuos

Los residuos del proceso, junto con la caracterización realizada, se detallan a continuación. Se debe tener en cuenta que los residuos son resultado de los insumos y materias primas listadas anteriormente, por lo tanto, tendrán similar grado de peligrosidad.

- Estopas y trapos con hidrocarburos: Este residuo es considerado por la Ley 24.059 como peligroso, por lo que se categoriza como Y48 de Y08. Se deben colocar en contenedores y disponer por medio de un operador de residuos peligrosos.
- Vapores de nafta: Es un efluente gaseoso que se encuentra en el establecimiento al momento del lavado de las piezas.
- Barros de Nitruración, Oxidación y Enfriamiento: En particular las sales de nitruración, por contener cianuro son consideradas residuos peligrosos, pero además, las sales de oxidación y los barros del enfriamiento también contienen cianuro por arrastre del material a tratar, por lo que se disponen todas juntas por medio de un operador de residuos peligrosos bajo la clasificación de Y33.
- Virulana: Considerando que el pulido se realiza luego de nitrurada la pieza, y considerando que existe un arrastre en los baños de oxidado y enfriamiento, se debe pensar que en el pulido existe algo de cianuro, por lo

tanto estos materiales se disponen bajo la categoría Y48 de Y33 de la Ley 24.059 de residuos peligrosos.

- Material particulado: En casos en que sea necesario se realiza un pulido con microesferas de vidrio, al ser un trabajo pos nitruración, a los restos se los toma como residuos peligrosos según la Ley 24.059.
- Restos de aceite: En general el aceite líquido es reutilizado, en el caso de ocurrir vuelcos o vertidos del aceite, al material de limpieza corresponde tratarlo como residuos peligrosos bajo la categoría de Y48 de Y33.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para esta TTS muestra que el nivel de energía equivalente es relativamente más alto que en los dos primeros casos, esto se debe a los hornos de gas natural utilizados, pese a que el tiempo de proceso es el más bajo de todos.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía		Equiv: 4000 kWh/tn	
Capacidad técnica necesaria		Media	
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares	Baja		
Costo del tratamiento		93 \$/kg	

Tabla 35: Ponderación de la información relevada para nitruración Tenifer + QPQ

Evaluación del riesgo ambiental

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad, para visualizar los detalles de la ponderación de los entornos consultar el punto A.2.3. En este caso, se puede observar una significativa acumulación de escenarios ambientales en las zonas de riesgos más altos, los cuales tienen que ver con derrames y liberación de partículas correspondientes a las materias primas y, además, con intrusión de

personal no autorizado o fenómenos meteorológicos, lo cual genera unas observaciones importantes para la discusión.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4		EA1a-N	EA1a-H	EA1b-N EA1b-H EA1a-S	EA1b-S
	3		EA4a-S	EA2a-N EA2c-N EA6a-N EA2a-H EA2b-H EA2c-H EA4a-H EA6a-H EA2c-S EA6a-S	EA1c-N EA2b-N EA5b-N EA1c-H EA2a-S EA5b-S	EA5b-H EA1c-S EA2b-S
	2		EA1d-S	EA1d-N EA4a-N EA5a-N EA1d-H	EA3a-N EA3c-N EA5a-H EA3a-S EA5a-S	EA3a-H EA3c-H EA3c-S
	1					

Tabla 36: Matriz de Riesgo, probabilidad vs gravedad para nitruración Tenifer + QPQ

Ordenando los resultados en la matriz de visualización de riesgos se puede ver en mejor detalle lo mencionado, y que existe una tendencia de los riesgos a ser más altos, ocupando las tres categorías, tomando mayor relevancia la categoría central de riesgos moderados. Cuestión que se hace más notoria y marcada en este tratamiento en particular.

Nitruración Tenifer + QPQ			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	1	1/42=2,3%
Alto			
Medio	Riesgo moderado	31	31/42=74%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	7	7/42=17%

Tabla 37: Matriz de visualización de riesgo para nitruración Tenifer + QPQ

4.1.5. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración gaseosa

Esta TTS también se relevó en la misma empresa nombrada anteriormente. En este caso, se observó la TTS llamada nitruración gaseosa, descripta dentro del punto

2.2.9.1. A continuación, se expresa el flujograma desarrollado en el relevamiento. En el caso de la limpieza, se realiza de forma similar y con los mismos insumos.

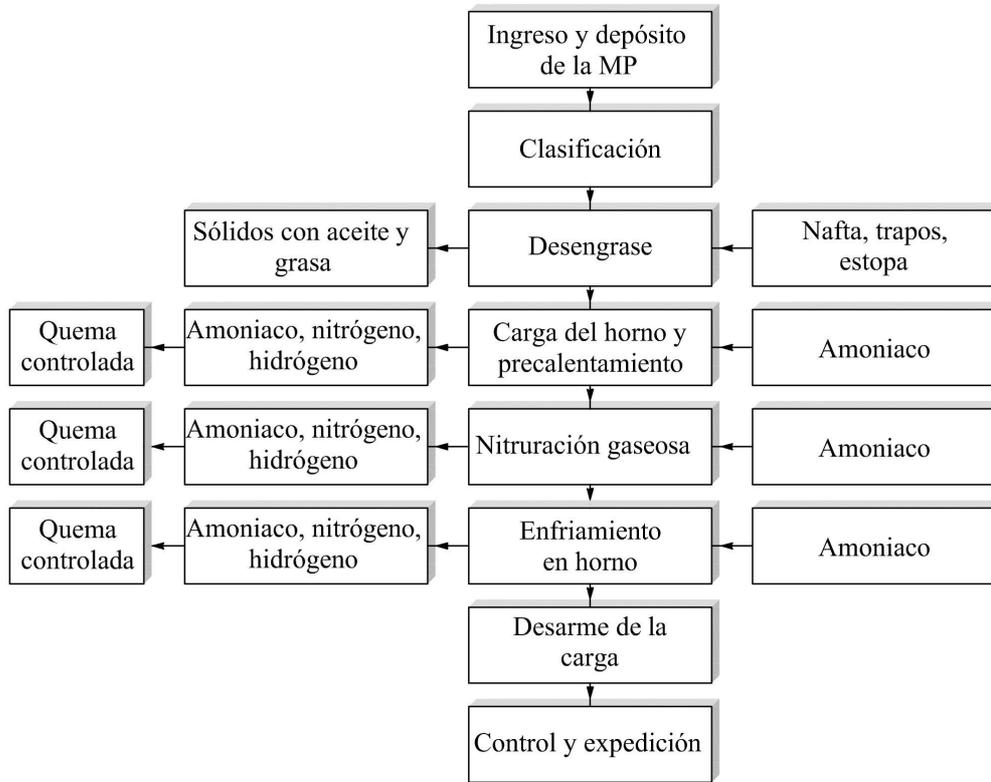


Figura 25: Flujograma nitruración gaseosa

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso se caracterizan a continuación. En este caso, el aumento de los valores de riesgo viene dado por la explosividad del amoníaco.

- Amoniaco: Se utiliza como materia prima para la nitruración (Indura, 2016).
- Nafta: Se utiliza como insumo de limpieza y desengrase (Axion energy, 2018)

Materias primas e insumos: nitruración gaseosa						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
Amoniaco	Amoniaco anhídrido	Gas alta presión	Si	Si	Si	Si
Nafta	Gasolina Benceno	Líquido	No	Si	Si	Si
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
Amoniaco	Graves quemaduras	Graves quemaduras	Tos, irritación,	No considerado	Sin datos	---
Nafta	Irritación grave	Irritación	Posiblemente mortal	Posiblemente mortal	Sin datos	---
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Amoniaco	Sin datos	Si	Zonas bajas	No	Reacción violenta	Ácido. Cobre. Plata. Zinc. Entre otros
Nafta	Chorro de agua directo	Si	Zonas bajas	No	Si (Fuertes)	Ácidos. Bases. Halógenos
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Conejo dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
Amoniaco	7338ppm - CL50 1h	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Nafta	5000mg/kg	2151mg/kg	5mg/l	Probable	Puede dañar el feto	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro organismos	DQO	Otros
Amoniaco	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Nafta	(EC50) 8,1mg/l	4,6mg/l-48h	3,2mg/l - 48h	15,3mg/l - 48hs	---	Sin datos

Tabla 38: Caracterización de los insumos y MP para nitruración gaseosa

Residuos

Los residuos del proceso, junto con la caracterización realizada, se detallan a continuación. Se debe tener en cuenta que los residuos son resultado de las materias primas e insumos utilizados anteriormente, por lo que tienen similar grado de peligrosidad.

- Estopas y trapos con hidrocarburos: Este residuo es considerado por la Ley 24.059 como peligroso, por lo que se categoriza como Y48 de Y08. Se deben colocar en contenedores y disponer por medio de un operador de residuos peligrosos.
- Vapores de nafta: Es un efluente gaseoso que se encuentra en el establecimiento al momento del lavado de las piezas.
- Gases de combustión: Dado que el gas utilizado como materia prima es amoníaco, este con la temperatura se disocia según: $2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N} + \text{H}_3$, por lo que, el nitrógeno no absorbido se elimina como N_2 , y el hidrógeno y amoníaco restante se quema a la salida del horno, resultando en vapor de agua, nitrógeno y óxidos de nitrógeno.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para el caso de los flujos de energía del proceso, la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo los TTS, la infraestructura necesaria y el costo final del proceso por kg de material terminado resultó ser la siguiente.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía		4300 kWh/tn	
Capacidad técnica necesaria		Media	
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares		Media	
Costo del tratamiento		53\$/kg	

Tabla 39: Ponderación de la información relevada para nitruración gaseosa

Evaluación del riesgo ambiental

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad, para visualizar los detalles de cada ponderación de los diferentes escenarios se debe ver el punto A.2.4. , en este caso es importante notar que el riesgo más alto está dado en el escenario

ambiental EA1d, correspondiente a los incendios y explosiones en la zona de proceso, debido a la materia prima utilizada, la cual es explosiva.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4			EA1a-H EA1a-N EA1a-S		
	3		EA1d-S	EA1b-N EA1c-N EA1d-N EA6a-N EA1d-H EA1b-S EA6a-S	EA2b-N EA4a-N EA1b-H EA1c-H EA2b-H EA4a-H EA6a-H EA1c-S EA4a-S	EA5b-N EA5b-H EA2b-S EA5b-S
	2			EA2a-N EA5a-N EA2a-H EA2c-S	EA3a-N EA2c-H EA3a-H EA5a-H EA2a-S EA3a-S EA5a-S	EA2c-N EA3b-N EA3c-H EA3c-S
	1					

Tabla 40: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para nitruración gaseosa

Ordenando los resultados en la matriz de visualización de riesgos, se puede ver claramente un comportamiento similar a las técnicas de plasma, pero con una marcada predominancia de los riesgos moderados. En la discusión se toma esta observación y se realizan los comentarios correspondientes.

Nitruración gaseosa			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	0	0%
Alto			
Medio	Riesgo moderado	31	31/42=74%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	8	8/42=19%

Tabla 41: Matriz de visualización de riesgo para nitruración gaseosa

4.1.6. Anónimo – Carbonitruración gaseosa

La empresa relevada en este caso decidió mantener su nombre en el anonimato, se puede comentar que se encuentra en la provincia de Entre Ríos y se dedica a la fabricación de piezas de repuesto para molinos de cereales y otros tratamientos térmicos de piezas varias.

Se observó la TTS llamada carbonitruración gaseosa, descrita en el punto 2.2.9.1. A continuación se expresa el flujograma desarrollado durante el relevamiento. En este caso, es importante ver que no existe el proceso de limpieza de la pieza, lo cual genera en la discusión unas observaciones concretas.

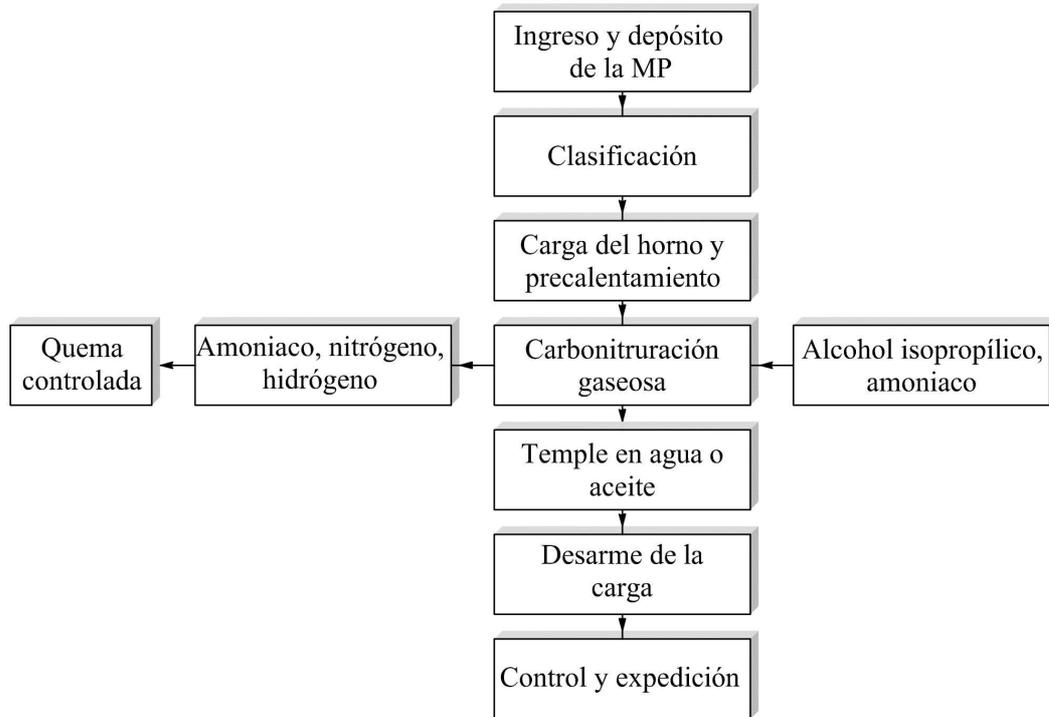


Figura 26: Flujograma carbonitruración gaseosa

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso se caracterizan a continuación, se destaca que la peligrosidad de los insumos, en este caso también, está dada por el grado de explosividad y en menor medida por los riesgos a la salud.

- Alcohol isopropílico: Se utiliza como materia prima (GTM, 2016).
- Amoniaco: Se utiliza como materia prima (Indura, 2016).
- Aceite: Se utiliza como insumo para el temple, en casos que no se realicen con agua (West Lubricantes, s.f.).

Materias primas e insumos: carbonitruración gaseosa						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
Amoniaco	Amoniaco Anhidrido	Gas alta presión	Si	Si	Si	Si
Alcohol isopropílico	Isopropanol	Líquido	No	Si	Si	Si
Aceite lubricante	Mezcla de aceites parafínicos	Líquido	No	Si	No	No
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
Amoniaco	Graves quemaduras	Graves quemaduras	Tos, irritación,	No considerado	Sin datos	---
Alcohol isopropílico	Irritación, ardor	Irritación, picazón, dolor	Tos, irritación,	Irritación gastrointestinal	Irritación de mucosas, daño hepático y renal	---
Aceite lubricante	Irritación	Muy baja toxicidad	Irritación	Irritación	Sin datos	---
MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Amoniaco	Sin datos	Si	Zonas bajas	No	Reacción violenta	Ácido. Cobre. Plata. Zinc. Entre otros
Alcohol isopropílico	Chorros de agua directos	Si	Zonas altas	No	Si	Ácidos, bases
Aceite lubricante	Chorro de agua directo	Si	Partes bajas	No	Si (Fuertes)	---
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Conejo dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
Amoniaco	7338ppm - CL50 1h	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Alcohol isopropílico	4396mg/kg	12870mg/kg	19000mg/kg (8hs)	No	No	No
Aceite lubricante	5000mg/kg	5000mg/kg en Rata	Sin datos	No	No	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 Micro organismos	DQO	Otros
Amoniaco	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Alcohol isopropílico	>100mg/l - 48hs	>100mg/l - 48hs	>100mg/l - 48hs	>100mg/l - 48hs	Degrad 77% en 10 días	Sin datos
Aceite lubricante	Potencial contaminante físico	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 42: Caracterización de los insumos y MP para carbonitruración gaseosa

Residuos

Los residuos del proceso, junto con la caracterización realizada, se detallan a continuación. Se debe tener en cuenta que los residuos son resultado de las materias primas e insumos utilizados anteriormente, por lo que tienen similar grado de peligrosidad.

- Gases de combustión: Los gases utilizados como materia prima son el alcohol evaporado al ingreso del horno y el amoniaco, que, con la temperatura se disocian. El gas no absorbido se quema a la salida del horno, resultando en vapor de agua, nitrógeno y óxidos de nitrógeno.
- Restos de aceite: En general el aceite líquido es reutilizado, en el caso de ocurrir vuelcos o vertidos del aceite, al material de limpieza corresponde tratarlo como RR.PP. bajo la categoría de Y48 de Y08.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para el caso de esta técnica muestra que los requerimientos de energía son muy bajos respecto de otras técnicas, y las demás se encuentran en un nivel medio.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía	750 kWh/tn		
Capacidad técnica necesaria		Media	
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares		Media	
Costo del tratamiento		65\$/kg	

Tabla 43: Ponderación de la información relevada para carbonitruración gaseosa

Evaluación del riesgo ambiental

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad. Para ver más

detalles de las ponderaciones se debe ver el punto A.2.5. En esta matriz puede verse una tendencia a permanecer en riesgos mayormente moderados y algunos bajos, comportamiento muy similar a la TTS de nitruración gaseosa, aunque en este caso el consumo de insumos es bastante más bajo, situación ventajosa que disminuye los riesgos.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4				EA1a-N EA1a-H EA1a-S	
	3			EA1d-N EA1d-H EA1b-S EA1d-S EA6a-S	EA1b-N EA1c-N EA4a-N EA6a-N EA1b-H EA1c-H EA4a-H EA6a-H EA1c-S EA4a-S	EA5b-N EA5b-H EA5b-S
	2				EA2a-N EA5a-N EA2a-H EA5a-H EA5a-S	EA2b-N EA2c-N EA3c-N EA2b-H EA2c-H EA3c-H EA2a-S EA2b-S EA2c-S EA3c-S
	1					

Tabla 44: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para carbonitruración gaseosa

Volcando los resultados en la matriz de visualización de riesgos se puede ver que los riesgos se ordenan en su mayoría dentro de los moderados. Cabe destacar que la sumatoria de riesgos en este caso es de 36 de los 42 escenarios planteados, debido a que los escenarios ambientales correspondientes a la limpieza previa y al uso de calderas no existen en este tratamiento.

Carbonitruración gaseosa			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	0	0%
Alto			
Medio	Riesgo moderado	23	23/42=55%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	13	13/42=31%

Tabla 45: Matriz de visualización de riesgo para carbonitruración gaseosa

4.1.7. Galvasa S.A. – Galvanización en caliente

Galvasa S.A., es una empresa con 30 años en el mercado de galvanización en caliente, dedicada a la galvanización de piezas de hierro y algunos aceros. Cuenta con un horno, para sumergir piezas, de 7,5 metros de largo, 1,10 metros de ancho y 2 metros de profundidad. Posee una línea semiautomática para realizar el galvanizado por centrifugado de piezas de menor tamaño y mayor terminación, como lo son las piezas roscadas. Esta empresa se encuentra ubicada en Munro, Vicente Lopez, Bs. As.

En este caso se observó la TTS llamada galvanización en caliente o también conocida como galvanización por inmersión, descrita dentro del punto 2.2.9.5, del marco teórico. A continuación, se expresa el flujograma desarrollado en el relevamiento. En este caso, cabe destacar la complejidad necesaria de los tratamientos previos al galvanizado de la pieza, dado que la mayor cantidad de riesgos se generan debido a los insumos utilizados en dicha etapa.

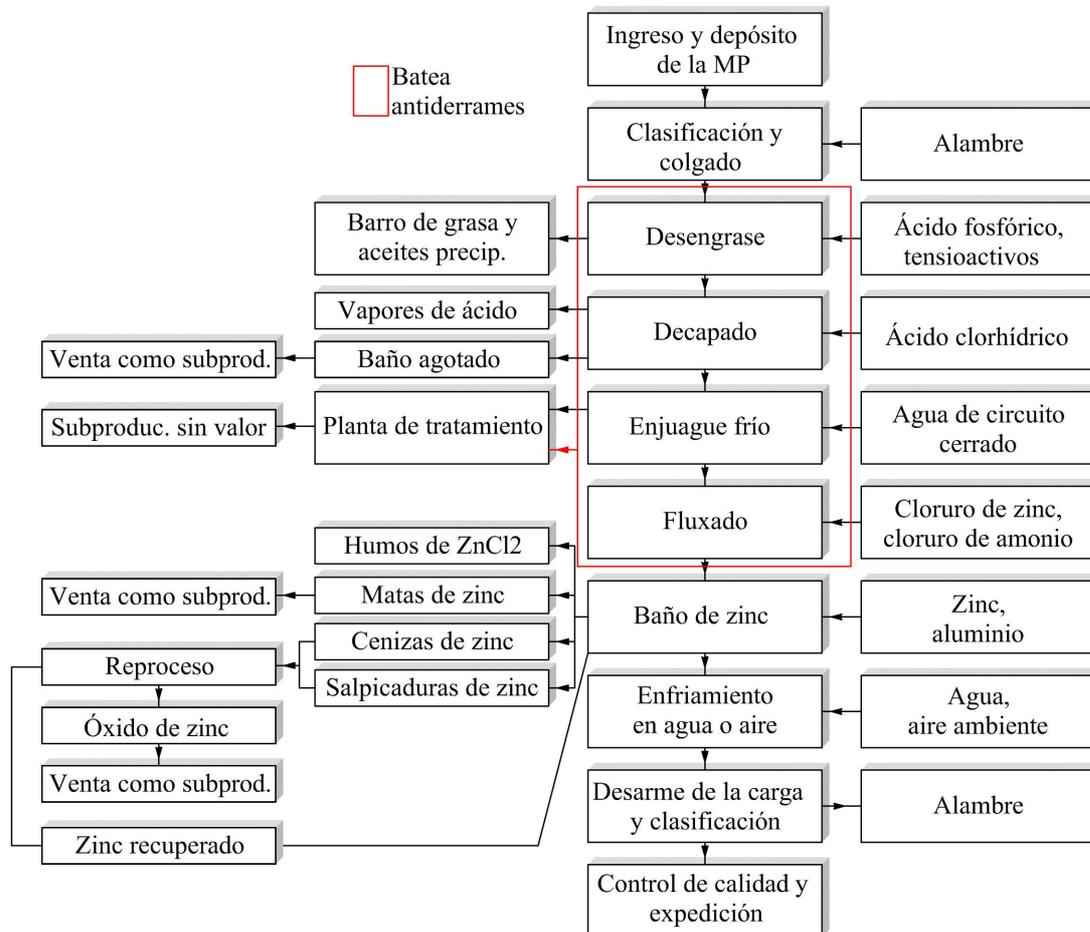


Figura 27: Flujograma galvanizado en caliente

Materias primas e insumos

Los insumos y materias primas del proceso se caracterizan a continuación. Es importante notar que los insumos en su mayoría no tienen un grado de peligrosidad importante comparado con otras materias primas o insumos, como por ejemplo las cianuradas.

- Ácido Fosfórico: Se utiliza como insumo de limpieza y desengrase (Innophos, 2010).
- Ácido clorhídrico: Se utiliza como insumo de decapado (Ácido clorhídrico, 2005).
- Cloruro de zinc: Se utiliza como insumo para generar la reacción del zinc con el hierro (GTM, 2014).
- Zinc: Se utiliza como materia prima del baño de galvanización (Profertil, 2003).
- Gas natural: Se utiliza como insumo para el calentamiento del horno (Praxiar, 2009).

Materias primas e insumos: galvanización en caliente						
MP o insumo	Composición	Peligros generales				
		Estado	Asfixia por deficiencia de oxígeno	Inflamable	Explosivo	Ignición inmediata
Ácido fosfórico	Ácido fosfórico	Líquido	No	No	No	No
Ácido clorhídrico	Ácido clorhídrico	Líquido	No	No	No	No
Cloruro de zinc	Cloruro de zinc	Líquido				
Zinc	Zinc	Sólido	No			
Gas natural	Metano y etano	Gas	Si	Si	Si	Si
MP o insumo	Riesgos para la salud					
	Contacto con los ojos	Contacto con la piel	Inhalación	Ingestión	Exposición repetida	Otros
Ácido fosfórico	Iritación y quemaduras	Quemaduras severas	Iritación	Quemaduras	Sin datos	---
Ácido clorhídrico	Corrosivo, quemaduras	Iritación y quemaduras	Corrosivo, quemaduras	Corrosivo, quemaduras	Asma. Bronquitis. Sangrado de nariz	---
Cloruro de zinc	Iritación severa	Iritación severa	Extremadamente destructivo	Toxico. Puede causar muerte	Asma ocupacional, dermatitis	---
Zinc	No tóxico	No tóxico	No Tóxico	No tóxico	No posee	---
Gas natural	No tóxico	No tóxico	Asfixiante	No se considera	No Tóxico	---

MP o insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Ácido fosfórico	Ninguno	Si	Zonas bajas	No	No	Alcalis. Hidróxido de sodio. Potasio
Ácido clorhídrico	Usar según el fuego de alrededor	Si	Zonas bajas	No	No	Agua. Alcaclis. Hidróxidos. Cianuros. Etc
Cloruro de zinc	Ninguno	No	Humos tóxicos de cloro y óxido de zinc	No	No	Cianuros. Sulfuros. Zinc en polvo
Zinc	Agua (libera gases inflamables)	No	No	No	Sin datos	Sin datos
Gas natural	Ninguno	Si	Zonas altas	No	Si	Halógenos, Ácidos
MP o insumo	Información toxicológica					
	LD50 Rata ingestión	LD50 Conejo dérmico	LC50 Rata inhalación	Cancerígeno para humanos	Toxicidad del desarrollo	Toxicidad genética
Ácido fosfórico	1530mg/kg	Sin datos	Sin datos	No	No	No
Ácido clorhídrico	900mg/kg en conejo	Sin datos	3124ppm - 1h	No	Sin datos	Sin datos
Cloruro de zinc	350mg/kg	Sin datos	Sin datos	Si	Si	Si
Zinc	1710mg/kg	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Gas natural	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
MP o insumo	Información ecológica					
	LD50 Peces	EC50 Daphnia magna	EC50 Algas verdes	EC50 micro organismos	DQO	Otros
Ácido fosfórico	Sin datos	Sin datos	Provoca eutrofización	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Ácido clorhídrico	282ppm - 96hs	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Cloruro de zinc	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Zinc	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Gas natural	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 46: Caracterización de los insumos y MP para galvanizado en caliente

Residuos

Los residuos del proceso, en general, son mezclas de los insumos y materias primas utilizadas en el proceso, estos se detallan a continuación.

- Barros de desengrase: Proviene del proceso de desengrase, donde se eliminan los aceites y grasas adheridos a las piezas. La composición del baño es ácido fosfórico, emulsionantes, anticorrosivos, grasas y aceites libres o emulsionados. A este baño se le retiran los barros generados, los cuales son almacenados en tachos de 200l, depositados en depósitos de residuos peligrosos y retirados por un operador autorizado para ser dispuesto según la clasificación Y48 de Y08.
- Decapante agotado: Luego de colocada la solución de decapado, con el uso, comienza a saturarse de hierro, hasta llegar a una concentración en la que el baño no hace el efecto de decapado, en dicho momento se debe cambiar el baño. El residuo es una solución con ciertas concentraciones de cloruro de hierro y ácido residual. Este baño agotado se entrega como subproducto para la fabricación de cloruro férrico.
- Vapores de ácido clorhídrico: Estas emisiones se anulan casi por completo con la adición de inhibidores en el baño de decapante.
- Enjuague saturado: Es tratado junto a los líquidos que caen en la batea antiderrame, se sedimentan y extraen los barros, para luego continuar utilizando en circuito cerrado el agua resultante.
- Barros de planta de tratamiento: Son barros con diferentes concentraciones de las sustancias descritas anteriormente, que pueden llegar por arrastre. La generación de estos es despreciable, no se considera residuo peligroso. En el caso de la empresa relevada, entrega este barro para investigación.
- Matas de zinc: Consiste en una aleación zinc-hierro cuya composición es aproximadamente 95% de zinc y 5% de hierro. Este material es vendido como subproducto del tratamiento y se utiliza para la fabricación de óxido de zinc.
- Cenizas de zinc: Es el óxido de zinc que se forma sobre la superficie del baño de zinc fundido. Este material es extraído y tratado por temperatura para recuperar una parte del contenido de zinc. El óxido de zinc restante se vende junto con las matas de zinc.
- Salpicaduras de zinc: Están compuestas por zinc casi en su totalidad. Se producen debido a las salpicaduras del baño de zinc fuera del horno. Se recogen y venden junto con las matas de zinc y el óxido de zinc.

Flujos de energía y costo del tratamiento

La ponderación realizada para el caso de esta técnica indica que la mayoría de las características observadas están en un nivel bajo, siendo este el único caso en que se da esta situación. En el caso de la infraestructura, lo más complejo es el tipo de horno utilizado para el baño de galvanizado.

Ponderación de información relevada			
Ítem	BAJA	MEDIA	ALTA
Requerimiento de energía	Equiv: 525kwh/tn		
Capacidad técnica necesaria	Baja		
Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares		Media	
Costo del tratamiento	21 \$/kg		

Tabla 47: Ponderación de la información relevada para galvanizado en caliente

Evaluación del riesgo ambiental

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de los escenarios ambientales en la matriz de probabilidad vs gravedad, para ver los detalles de las ponderaciones correspondientes para los diferentes escenarios ambientales consultar el punto A.2.6., en este caso se debe notar que la tendencia a riesgos altos no es tan marcada, debido a las características de los insumos y materias primas.

		Gravedad (valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4					
	3			EA2b-N EA6a-N EA1a-H EA2b-H EA6a-H EA6a-S	EA1a-N EA1b-N EA1c-N EA5b-N EA1b-H EA2b-S	EA1c-H EA5b-H EA1a-S Ea1b-S EA1c-S EA5b-S
	2		EA1d-S EA4a-S	EA1d-N EA2c-N EA4a-N EA5a-N EA1d-H EA2a-H EA2c-H EA4a-H	EA2a-N EA3a-N EA3b-N EA5a-H EA2c-S EA3a-S EA5a-S	EA3c-N EA3a-H EA3b-H EA3c-H EA2a-S EA3b-S EA3c-S
	1					

Tabla 48: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para galvanizado en caliente

Ordenando los resultados en la matriz de visualización de riesgos vemos lo establecido anteriormente y, además, se puede apreciar una nivelación entre riesgos moderado y bajos que en el caso del nitrurado Tenifer + QPQ

Galvanizado en caliente			
Riesgo	Agrupación de riesgos	Sumatoria	% del total
Muy alto	Riesgo elevado	0	0%
Alto			
Medio	Riesgo moderado	29	29/42=69%
Moderado			
Bajo	Riesgo bajo	13	13/42=31%

Tabla 49: Matriz de visualización de riesgo para galvanizado en caliente

4.1.8. Otros tratamientos con resultados parciales

Posicionándonos en la mirada de las empresas con respecto a la planilla de auditoría, se puede comentar que todas las empresas la vieron como un instrumento completo, que se utilizaba para relevar datos sensibles de los procesos que se analizaban. Existieron varias empresas que accedieron al relevamiento de sus procesos, como lo son las empresas nombradas anteriormente, debido a que ellas estaban adecuadas a la normativa ambiental vigente, pero en el caso de otros procesos no se logró acceso a las instalaciones ni obtener información, por lo que se detallan a continuación algunas reseñas de las mismas. Debido a lo expuesto no se pudo realizar el análisis completo. Esta información será utilizada para ampliar el

campo de comparación entre las diferentes TTS y así generar una discusión más global.

Cromo duro

A la hora de evaluar el proceso de cromo duro, ninguna de las empresas consultadas abrió sus puertas para poder incluir este proceso en la investigación descriptiva. Se presumió que la negativa por parte de las empresas estaba dada por los conocidos efectos del Cr^{+6} utilizado para este proceso.

Debido a esto se investigó sobre los efectos para fundamentar la ausencia de datos de este proceso, se observó en publicaciones y noticias que, tanto los EEUU, a través de OSHA, y la UE, con el REACH, han restringido el uso del cromo hexavalente hasta llegar a su total desaparición en los próximos años, acción que impacta sobre los procesos de cromo duro que se utilizan para la protección de piezas contra el desgaste y la corrosión. Esto se debe a que los efectos carcinógenos de los compuestos del Cr^{+6} no sólo han sido demostrados experimentalmente con animales, sino también han sido confirmado por los resultados de estudios epidemiológicos realizados con grupos humanos expuestos a esta sustancia en su lugar de trabajo.

En el caso de nuestro análisis, los residuos que podrían desechar las plantas de tratamiento de cromo duro pueden causar efectos negativos sobre el ambiente. Los desperdicios líquidos y sólidos, así como también las emisiones gaseosas sobre el agua, el suelo y el aire, degradan la calidad ambiental ocasionando daños irreversibles. Considerando que la eficiencia de los baños de cromo duro es del 40% y no se realizan actividades de minimización, se puede encontrar hasta un 60% del Cr^{+6} en los residuos del proceso, lo cual representa un potencial problema si la empresa no se encuentra operando en condiciones ambientales controladas.

Los desechos que contienen cromo deben evaluarse con ánimo crítico. Son residuos peligrosos, teniendo en cuenta especialmente el comportamiento de esta sustancia en los estratos del subsuelo debajo de los rellenos sanitarios. Se estima que en un ambiente alcalino, los cromatos permanecen estables hasta 50 años y que son capaces de atravesar incluso suelos viscosos para migrar hasta las napas

subterráneas. Además, en contacto con la naturaleza el cromo hexavalente es capaz de causar daños irreversibles, tanto en la salud de los animales y el hombre, como en la vegetación, el agua, la tierra y el aire.

Con lo expuesto, se llegó a la conclusión de que extrapolando los resultados, se puede decir fácilmente que el nivel de riesgo ambiental es el mayor de todos, aunque no se calculó en detalle el valor de riesgo. De todas formas, como se enfoca la investigación descriptiva hacia el futuro, determinando cuales son las técnicas de menor impacto ambiental, no es necesario considerar el proceso de cromo duro ya que este es un proceso que, mundialmente, tiende a no utilizarse más y en el caso de la región considerada, el reemplazo de este tratamiento debería ser un objetivo a alcanzar. En cuanto al nivel de complejidad técnica, se sabe que el proceso se realiza en cubas con baños de electrolitos abiertas, pero el nivel de complejidad técnica comparativamente al resto de los tratamientos se lo toma como medio, debido al proceso, los insumos y efluentes que se deben controlar.

Zincado electrolítico

En general, los recubrimientos de zinc tienen propiedades anticorrosivas y muy rara vez decorativas. No se logró tener acceso a este tipo de tratamiento en ninguna de las industrias conocidas.

Por lo tanto respecto de este tipo de tratamientos se buscó material bibliográfico, se pudo corroborar que existen numerosos tipos de electrolitos de zinc, tradicionalmente se utilizan los baños cianurados, de alta y media concentración, estos dan buena resistencia a la corrosión y penetración. Por otro lado, existen actualmente baños ácidos y baños alcalinos exentos de cianuro que se están imponiendo en el mercado, pero en todos los casos el proceso necesita de electrolitos y por lo tanto contiene efluentes de baños agotados. En general el nivel de complejidad ambiental se extrapoló en función de lo dicho para los demás tratamientos y se concluyó que el nivel de riesgo ambiental es superior al nivel de riesgo del tratamiento similar en relación a protección contra la corrosión y la dureza adquirida, en este caso el galvanizado en caliente y por lo tanto el nivel de complejidad técnica también será mayor, debido a que se deben controlar mayor cantidad de parámetros, insumos y efluentes.

CVD asistido por plasma

En la firma Ionar se realizaron experiencias, para lograr la TTS de CVD asistida por plasma. Hasta el momento del relevamiento de datos no se llevaba a cabo el proceso de forma industrial, se consultó en otra de las industrias visitadas, Sudosilos, pero esta también había dejado de realizar el proceso. En conversaciones mantenidas con responsables de ambas empresas se puede extrapolar que los procesos asistidos por plasma son similares en sus características y en tipo de insumos y residuos, por lo tanto se pudo concluir que el nivel de riesgo es similar a las TTS asistidas por plasma relevadas. Por otro lado, la complejidad técnica es de características similares y, por lo tanto, se le asignarán estas ponderaciones a esta TTS.

4.1.9. Políticas Ambientales

Las respuestas al relevamiento realizado se detallaron a continuación mostrando los valores porcentuales correspondientes a cada respuesta.

Anónimo			
Política ambiental de la empresa			
	SI	NO	PARCIAL
¿Posee un sector de gestión ambiental propio?	85%	15%	
¿Se realizó alguna auditoría ambiental?	85%	15%	
¿Se realizan auditorías ambientales periódicas?	85%	15%	
¿Han sufrido sanciones en la temática ambiental?	15%	85%	
¿Conoce el marco regulatorio ambiental?	85%	15%	
¿Cumple con alguna Norma de Gestión Ambiental, Ej IRAM o ISO?	85%	15%	
¿Está inscripto como industria?	85%	15%	
¿Está inscripto como generador de residuos peligrosos?	85%	15%	
Observaciones: En el caso del cumplimiento de normas IRAM o ISO, las empresas comentaron que se basan en varias de ellas, pero no se encuentran certificados por una relación de costo-beneficio.			

Tabla 50: Relevamiento anónimo de las políticas ambientales de las empresas visitadas

4.2. Resultados.

En este apartado se ordenan los datos obtenidos, mostrando los resultados del análisis de datos. La discusión de los resultados se realiza en el “Capítulo 5. Discusión”

4.2.1. Resultados de riesgos generales

Los riesgos hallados para cada tratamiento se plasman en una tabla global para los 7 tratamientos estudiados. Se recuerda que las diferencias en la sumatoria para llegar al 100% se deben a que existieron escenarios ambientales que no correspondían a la TTS analizada. Aquí puede observarse la tendencia marcada por las técnicas innovadoras con respecto al riesgo ambiental.

TTS	Riesgo elevado [%]	Riesgo moderado [%]	Riesgo bajo [%]
Nitruración iónica	0	45	48
Nitrocarburation iónica	0	45	48
PVD	0	19	74
Nitruración Tenifer + QPQ	2,3	74	18
Nitruración gaseosa	0	74	20
Carbonitruración gaseosa	0	55	31
Galvanizado en caliente	0	69	31

Tabla 51: Resumen de resultados del análisis del riesgo de las TTS

4.2.2. Aspectos técnicos

Se toman nuevamente las 7 técnicas y se muestra la tendencia del conocimiento técnico necesario para llevar a cabo los tratamientos. Se verifica que las técnicas innovadoras son las que requieren mayor capacidad técnica para ser realizadas con éxito. Se debe notar que, del relevamiento, surgió que las técnicas innovadoras necesitan no solo tener conocimiento en alguna rama de la ingeniería, sino también poseer capacidades autodidactas que permitan entender y desarrollar la tecnología para lograr realizar los tratamientos con éxito.

Capacidad técnica necesaria			
TTS	Baja	Media	Alta
Nitruración iónica			Alta
Nitrocarburation iónica			Alta
PVD			Alta
Nitruración Tenifer + QPQ		Media	
Nitruración gaseosa		Media	
Carbonitruración gaseosa		Media	
Galvanizado en caliente	Baja		

Tabla 52: Capacidad técnica necesaria de los diferentes tratamientos

4.2.3. Aspectos económicos

Se expone la tabla de resultados económicos de todas las técnicas relevadas, donde se observa un costo similar, de valor medio, en los tratamientos que poseen características similares. En el caso de la técnica de galvanizado en caliente, se puede observar que es un método muy económico, contrariamente, el proceso de PVD posee el costo más elevado.

Costo			
TTS	Baja	Media	Alta
Nitruración iónica		72 \$/kg	
Nitrocarburation iónica		72 \$/kg	
PVD			800 a 1000 \$/kg
Nitruración Tenifer + QPQ		93 \$/kg	
Nitruración gaseosa		53\$/kg	
Carbonitruración gaseosa		65\$/kg	
Galvanizado en caliente	21 \$/kg		

Tabla 53: Costo de los diferentes tratamientos

Se debe tener en cuenta que la nitruración Tenifer + QPQ posee el valor mayor de los de nivel medio, debido a que la empresa que realiza el tratamiento, lo considera como dos tratamientos, por un lado la nitruración Tenifer y por el otro la oxidación.

4.2.4. Energía necesaria

Se expone el consumo energético de cada TTS.

Consumo energético			
TTS	Bajo 0 a 3500 kWh	Medio 3501 a 7000 kWh	Alto >7001 kWh
Nitruración iónica	2000		
Nitrocarburation iónica	2000		
PVD		6000	
Nitruración Tenifer + QPQ		4000	
Nitruración gaseosa		4300	
Carbonitruración gaseosa	750		
Galvanizado en caliente	525		

Tabla 54: Consumo energético de los diferentes tratamientos

Se recuerda que en las TTS de nitruración y nitrocarburation iónica, PVD, nitruración y carbonitruración gaseosa los hornos o reactores son eléctricos,

calentados por resistencias. En el caso de la nitruración Tennifer + QPQ y galvanizado en caliente, los hornos son calentados con quemadores de gas natural.

4.2.5. Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares

A continuación, se exponen los resultados de la infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares necesarias. Se toma a la presión de operación de los hornos o reactores como dato más representativo de la complejidad de las maquinarias utilizadas. Se recuerda que en el caso de la nitruración y nitrocarburation iónica los hornos deben mantenerse a presiones cercanas de 5mbar, en el caso del PVD, las presiones son aún más bajas, del orden de 0,1mbar, para el caso de las técnicas gaseosas, los hornos se mantienen a una presión positiva, es decir ligeramente por encima de la atmosférica. Finalmente las técnicas líquidas, poseen cubas u hornos que mantienen el líquido dentro, encontrándose a presión atmosférica.

Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares			
TTS	Baja	Media	Alta
Nitruración iónica			5mbar
Nitrocarburation iónica			5mbar
PVD			0,1mbar
Nitruración Tennifer + QPQ	P. atmosférica		
Nitruración gaseosa		P > atmosférica	
Carbonitruración gaseosa		P > atmosférica	
Galvanizado en caliente	P. atmosférica		

Tabla 55: Complejidad de la maquinaria en función de las presiones de trabajo

4.2.6. Incidencia de la investigación

Cuantificando la incidencia de la investigación y, teniendo en cuenta la clasificación del punto “2.2.9. Técnicas de tratamientos superficiales de interés”; se debe notar que se relevaron 5 técnicas termoquímicas de las 11 enumeradas (considerando las variantes de tratamiento líquido y gaseoso) y 2 técnicas de recubrimiento de las 7 mencionadas. Adicionalmente, se presenta el gráfico 1, donde se explicita el total de establecimientos que realizan actualmente las técnicas de tratamiento superficial correspondientes en la región considerada por la investigación.

Se puede observar que, en el caso de las técnicas innovadoras, el total de establecimientos es muy reducido, por lo tanto, conocido y fácil de identificar. Como contraparte, las técnicas convencionales son realizadas por un número de establecimientos notablemente mayor.

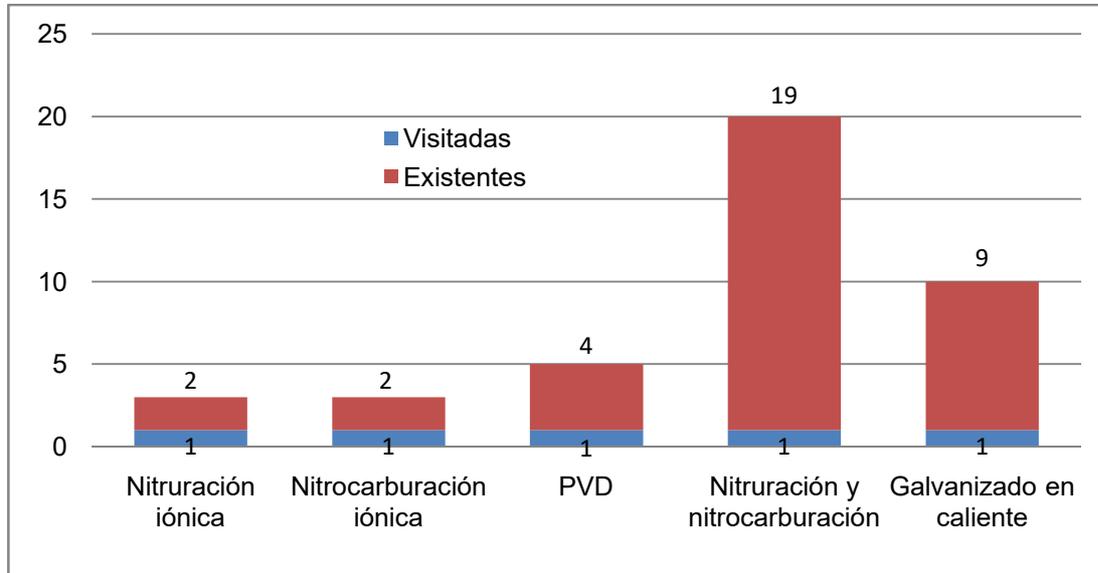


Gráfico 1: Cantidad de establecimientos que realizan las TTS consideradas

Al observar el gráfico anterior se debe recordar que, el objeto de estudio de la investigación es la técnica de tratamiento superficial propiamente dicha, la cual se observó independientemente de la empresa que la realiza y, además, se consideró la hipótesis de que el procedimiento del tratamiento, los parámetros de los reactores u hornos, los insumos y los residuos son muy similares entre las diferentes empresas. Sin embargo, este apartado tiene importancia informativa, pudiendo establecer o cuantificar que al menos la mencionada cantidad de establecimientos pueden ser alcanzados por la investigación.

Para realizar este conteo de empresas se consultó al personal de las empresas visitadas sobre sus principales competidores y herramientas de búsqueda como el motor de búsqueda Google, las páginas *guiadelaindustria.com*, *portal-industrial.com.ar*, *argentino.com.ar* y la edición impresa de la *Guía de Mantenimiento Industrial 2016*.

4.2.7. Exposición unificada de resultados

Para realizar la presentación integral de resultados, se debe recordar y tener en cuenta la posición de la ponderación, según se detalla a continuación.

Posición de la ponderación		
Celda izquierda	Celda central	Celda derecha
Riesgo ambiental	Complejidad técnica	Estimación económica

Tabla 56: Metodología codificación presentación de resultados Ambiental-Técnico-Económico

En primer lugar se toma la tabla que ordena las TTS en función de la dureza alcanzada, presentada en el marco teórico, completando los resultados de las TTS analizadas.

Se debe notar que en la tabla se vuelcan también las aproximaciones de los procesos no relevados pero extrapolados.

Presentación de resultados Ambiental - Técnico - Económico en función de la dureza [HRC]											
10 a 20			30	40	50 a 70			80	90 a 100		
Extrap.	Extrap.	S/D			74%	Media	53\$/kg		Extrap.	Extrap.	S/D
Zincado Electrolytico (< 22)					Nitruración Gaseosa (50 a 70)				CVD Asistido por Plasma (90 a 92)		
69%	Baja	21\$/kg			74%	Media	93\$/kg		74%	Alta	800\$/kg
Galvanizado en Caliente (< 23)					Nitruración Tenifer + QPQ (50 a 70)				PVD (> 90)		
					55%	Media	65\$/kg				
					Carbonitruración Gaseosa (50 a 65)						
					48%	Alta	72\$/kg				
					Nitruración Iónica (50 a 70)						
				48%	Alta	72\$/kg					
				Nitrocarburation Iónica (40 a 60)							
					Extrap.	Extrap.	S/D				
					Cromo Duro (68)						

Tabla 57: Presentación de resultados Ambiental – Técnico – Económico en función de la dureza

Luego se toma la tabla que ordena las TTS en función de la protección contra la corrosión alcanzada por el tratamiento, dando lugar a la siguiente tabla de resultados. En este caso también se vuelcan las TTS aproximadas por extrapolación.

Presentación de resultados Ambiental - Técnico - Económico en función de la protección contra la corrosión							
Baja	Regular	Buena		Muy buena		Excelente	
		48%	Alta	72\$/kg	74%	Media	93\$/kg
		Nitruración Iónica			Nitruración Tenifer + QPQ		
		48%	Alta	72\$/kg	Extrap.	Extrap.	S/D
		Nitrocarburation Iónica			Zincado Electrolítico		
		74%	Media	53\$/kg	69%	Baja	21\$/kg
		Nitruración Gaseosa			Galvanizado en Caliente		
		55%	Media	65\$/kg	Extrap.	Extrap.	S/D
		Carbonitruración Gaseosa			CVD Asistido por Plasma		
					Extrap.	Extrap.	S/D
					Cromo Duro		
					74%	Alta	800\$/kg
					PVD		

Tabla 58: Presentación de resultados Ambiental – Técnico – Económico en función de la protección contra la corrosión

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN

5.1. La tesis y su metodología

A continuación, se toman las observaciones del capítulo de análisis de datos y resultados, referidas a la utilidad y aplicación de la metodología de análisis propuesta.

5.1.1. Las empresas y la técnica observada

De acuerdo a lo establecido en la metodología, en todos los casos se analizó y relevó el proceso de tratamiento y no la planta de producción o las medidas de seguridad.

Se pudo observar que la mayoría de las empresas visitadas, contaban con las habilitaciones ambientales aprobadas por el organismo de control correspondiente.

En general, las empresas correctamente habilitadas, no presentaron inconvenientes en acceder a ser visitadas y brindar sus datos. Además, se observó que dichas empresas pertenecen a programas gubernamentales de producción más limpia.

Lo antes dicho se ve reflejado en la tabla de política ambiental de las empresas, donde el 85% de las empresas contestaron de forma afirmativa al cumplimiento de la legislación vigente.

El relevamiento es una muestra relativamente pequeña de la totalidad de las industrias dedicadas a tratamientos superficiales de la región; del orden del 19%. Las empresas relevadas representan 18% del total de empresas existentes en Bs As y CABA, 25% de las empresas existentes en Entre Ríos, 10% de las empresas existentes en Córdoba. En el caso de la provincia de Santa Fe, no se logró tener acceso a ninguna empresa. El relevamiento reflejó una tendencia de mayor control en la provincia de Buenos Aires y CABA, zona que se encuentra con mayor impacto industrial y mayor densidad de industrias.

El mencionado control sobre las empresas induce al acompañamiento de las empresas y a la realización de las acciones necesarias para regularizar sus procesos y lograr un menor impacto ambiental.

5.1.2. Los errores sistemáticos

Se debe notar que las ponderaciones de los entornos ambientales pueden variar en función de los criterios o la información que disponga cada evaluador.

En este caso, debido al carácter comparativo de la tesis, los resultados reflejan la tendencia descripta. Es decir, el riesgo calculado para un entorno cualquiera, llamado EAa de una TTS1, puede dar un valor de 3 y, para el mismo entorno pero de otra TTS2, puede dar un valor de 2. La realidad indica que, debido a la incertidumbre del método, no se sabe si realmente el entorno EAa de la TTS1 tendría valor de 3 o de 2 o bien de 4, pero si, se sabe que en el caso en que el verdadero valor de dicho entorno sea de 4; el valor del EAa de la TTS2 mantendrá la superioridad, siendo al menos 4 o seguramente 5.

De lo anterior, surge que las incertidumbres en las ponderaciones poseen un error sistemático el cual se anula debido al análisis comparativo. Con esto, se quiere decir que el riesgo real de cada TTS puede ser mayor, menor o igual al ponderado, pero la

relación de riesgos entre cada TTS se mantiene constante, por lo que se puede identificar un patrón claro entre ellas.

Algo análogo a lo anterior sucede con las probabilidades de ocurrencia de los diferentes escenarios ambientales. Es decir que existe un error sistemático en la estimación; ya que los accidentes, que pueden dar lugar al escenario ambiental, son producto tanto de condiciones inseguras en la planta o en las máquinas, como de actos inseguros por parte de los operarios. Dado que no se analizó la planta, ni al personal que opera las máquinas, se debió ser lo más objetivo posible para colocar una probabilidad que no esté sesgada por las condiciones vistas en la empresa en la cual se observó la técnica, debiendo colocar una probabilidad arbitraria, generalizada y representativa del proceso.

5.1.2. La exactitud de los datos relevados

En todos los casos, resultó difícil aislar completamente los consumos por kg de material procesado, tanto de las materias primas como de los insumos. Esto se debe a que son empresas de servicios y por lo tanto, comercializan el servicio de tratamiento superficial de piezas de diversos tamaños, formas y volúmenes, solicitadas por toda clase de clientes. Es decir que no se tienen parámetros de proceso fijos, ni piezas iguales entre un tratamiento y otro.

De todas formas se logró estimar con bastante certeza dichos consumos, pero cabe destacar, que no se deben evaluar las cifras exactas, correspondientes al consumo de insumos o materias primas, sino el orden de magnitud. Por ejemplo, el consumo de gas para la nitruración gaseosa es de 146kg/tn y para el caso de la nitruración iónica el consumo es equivalente a aproximadamente 1,6kg/tn de gases, es decir alrededor de 100 veces menos, o dos órdenes de magnitud inferior.

5.1.3. La normativa

El comportamiento de las industrias con respecto al cuidado del ambiente es muy relativo y está dado por diferentes factores como pueden ser la conciencia ambiental de sus propietarios, las posibilidades de mercados existentes o emergentes debido al cumplimiento de normas ambientales, la actualización de la normativa y los

controles gubernamentales que obligan a realizar ciertas acciones de adecuación ambiental, entre otras.

Fundamentalmente se observa que, en los casos donde los organismos de control y fiscalización ambiental no ejercen los controles necesarios, las empresas no conocen la legislación, no creen necesarias las inscripciones o certificados ambientales y, además, no poseen los tratamientos de residuos peligrosos que corresponden.

No cabe duda que debería existir una reglamentación y un control exhaustivo del cumplimiento de la normativa ambiental para evitar que la industria en general tome a libre albedrío la manipulación y uso de la materia prima y el desecho de los residuos peligrosos.

Del análisis de la normativa, surge que las leyes nombradas en el marco regulatorio son muy similares entre sí e inclusive similares a las de otros países, adecuándose las nacionales, para formar leyes provinciales, considerando diferentes nombres de organismos pero conceptualmente se sigue una tendencia similar.

Un hecho interesante fue el comentario realizado por personal de las empresas de Bs. As y CABA; ellos coincidieron en que existían varios organismos que tomaban muestras de sus efluentes en forma periódica, motivo por el cual debían tener todas sus instalaciones en correcto estado y trabajando con la mayor optimización posible respecto a efluentes se refiere. Dicho control puede deberse a situaciones como la generada en el río Matanza-Riachuelo, claro ejemplo de falta de controles y políticas de protección ambiental. Por otra parte, en provincias como Entre Ríos, algunas industrias consultadas se negaron a participar en el relevamiento previsto por la tesis, debido, probablemente, a la falta de inscripciones en los organismos correspondientes, falta de certificados o situaciones similares.

5.1.4. Tendencia económica del sector

Luego de la crisis del 2001, la industria metalmecánica en conjunto, incluyendo en ella la industria de tratamientos superficiales, fue una de las que tardó más en recomponerse. Sumado a esto, se observó que en el sector de tratamientos superficiales existe un predominio de pequeñas y medianas empresas, lo cual genera

un sector industrial vulnerable en cuanto a aspectos económicos, financieros y en ocasiones tecnológico y ambiental.

Sumado a lo anterior, se corroboró la lucha actual contra el aumento de tarifas de los servicios, como el gas natural y la energía eléctrica. Además, se agrega a la problemática el valor relativo del dólar, el cual plantea dos aspectos opuestos dependiendo de su valor de cambio, como por ejemplo, si es relativamente económico, se podrían adquirir piezas fabricadas y tratadas en el extranjero, a precios inferiores o similares a las fabricadas y tratadas en el país; si el valor aumenta, lo anterior no se producirá, pero afectará en la compra de los insumos de algunos tratamientos como por ejemplo las sales correspondientes a la nitruración Tenifer + QPQ.

Por otro lado, se observó que las empresas que no cuentan con políticas de avance tecnológico, deben realizar esfuerzos adicionales para mantenerse en el mercado, debido a que sus procesos tienden a ser suplantados por otros más eficientes y posiblemente más económicos o ambientalmente más amigables, llegando a quedar acorralados por la normativa o las políticas ambientales, como podría ser el caso del cromo duro.

5.2. Los resultados

5.2.1. Riesgos acotados

Durante el relevamiento realizado en las empresas, se encontraron hechos interesantes. Particularmente las TTS relevadas no descargan efluentes líquidos de forma continua, o sea que trabajan con ciclos cerrados lo cual disminuye notablemente el riesgo en el entorno natural, esto puede verificarse en los diferentes diagramas de flujo de proceso presentados.

Además, se puede observar que el riesgo sobre el entorno humano queda acotado, la mayoría de las veces, a los límites de la empresa, no afectando los diferentes escenarios ambientales a la población vecina. Como consecuencia de esto último, el

entorno socioeconómico se ve también acotado a los límites de la empresa, debe notarse que, en general, los escenarios planteados no afectan en gran medida al capital de la empresa.

Es una buena señal, que en las matrices de probabilidad vs gravedad, no se hayan obtenido riesgos altos para casi ningún tratamiento (excepto el caso de un solo entorno ambiental en la nitruración Tenifer + QPQ).

En cuanto al análisis en función de la tabla de datos de seguridad de insumos y materias primas, se puede verificar que los riesgos se generan no solo por la propia peligrosidad de los insumos utilizados o la manipulación y disposición de los residuos generados, sino también, por la cantidad de cada uno de ellos que coexisten en la planta. Tiene una notable relevancia la incidencia de sustancias incompatibles entre ellas, que coexisten en el proceso y se podrían mezclar accidentalmente. Tal es el caso de la nitruración Tenifer + QPQ, donde existe hidróxido de sodio, que se utiliza para la etapa de oxidación, el cual no se debe verter en cianuro, que se utiliza en la etapa previa de nitruración.

MP o Insumo	Combate contra incendios			Sustancias incompatibles		
	Agentes de extinción inapropiados	Explosión por exposición térmica	Acumulación del gas o vapor	Aire	Agentes oxidantes	Otros
Hidróxido de sodio. Nitrato de sodio	Agua	Si caliente se mezcla con agua o metales como aluminio	Si	No	Ácidos	Agua. Aluminio. Magnesio. Zinc. No verter en Cianuro

Tabla 59: Fragmento de la identificación de insumos para la nitruración Tenifer + QPQ, (Ext. capítulo 4.)

5.2.2. Riesgos de las TTS asistidas por plasma

Con respecto a las observaciones realizadas en cada tratamiento en particular, se pueden discutir varias generalizaciones. En el caso de la nitruración y nitrocarburation iónica, PVD y por lo tanto en procesos basados en la asistencia por plasma, se observó que el mayor riesgo estaba dado por factores externos, por ejemplo, la intrusión de personal ajeno a la planta. Las TTS asistidas por plasma no presentan riesgos significativos por parte del proceso. Comparando específicamente la nitrocarburation iónica, se observa que los diferentes escenarios ambientales son,

en algunos casos, mayores a las ponderaciones de la nitruración iónica, esto está dado debido al uso de una materia prima combustible y explosiva adicional, como es el acetileno. De todas formas, se observa que el método de análisis de riesgo cancela, en cierta forma, esa pequeña diferencia debido a que el valor de gravedad queda dentro del mismo intervalo de valor final, lo que implica que no cambia el riesgo.

Para ejemplificar esta última observación, se muestra a continuación la primera línea de las tablas correspondientes al entorno natural de ambos tratamientos.

Sobre el Entorno Natural							Sobre el Entorno Natural								
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final		Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	3	1	2	1	2	8	2	EA1a-N	3	1	3	1	2	10	2
EA1b-N	4	1	2	1	2	8	2	EA1b-N	4	1	2	1	2	8	2
EA1c-N	2	1	2	1	2	8	2	EA1c-N	2	1	3	1	2	10	2
EA1d-N	2	2	3	2	2	12	3	EA1d-N	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-N	2	1	3	1	2	10	2	EA2a-N	2	1	3	1	2	10	2
EA2b-N	2	1	2	1	2	8	2	EA2b-N	2	1	2	1	2	8	2
EA2c-N	1	1	2	1	2	8	2	EA2c-N	1	1	2	1	2	8	2
EA3a-N	1	2	2	1	2	9	2	EA3a-N	1	2	2	1	2	9	2
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0	EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	1	2	1	2	8	2	EA3c-N	2	1	2	1	2	8	2
EA4a-N	3	2	2	2	2	10	2	EA4a-N	3	2	2	2	2	10	2
EA5a-N	3	2	2	2	2	10	2	EA5a-N	3	2	2	2	2	10	2
EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1	EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1
EA6a-N	3	2	3	1	2	11	3	EA6a-N	3	2	3	1	2	11	3

Figura 28: Ponderaciones sobre el entorno natural de la nitruración iónica a la izquierda y la nitrocarburoación iónica a la derecha

En el caso del PVD, no se utilizan gases inflamables, por lo que observando las matrices de ponderación de los riesgos sobre los entornos podrá verse que los valores son inferiores a los expuestos anteriormente.

En general los procesos asistidos por plasma tienen las mencionadas características de inocuidad ambiental debido a la baja cantidad de insumos y materias primas que utilizan. A causa de esto, los procesos asistidos por plasma requieren de un grado de limpieza muy especial, es por eso que se observa que, en general, todos los tratamientos asistidos por plasma tienen una etapa de limpieza previa, donde se utilizan algunos detergentes compuestos por sustancias que generan mayor riesgo que el proceso en sí mismo. Es importante discernir entre la etapa de limpieza previa y el tratamiento superficial y de esta forma lograr seleccionar los insumos de limpieza con la premisa de que generen menor impacto que el tratamiento correspondiente.

5.2.3. Riesgos de las TTS en baño de sales

Por otro lado, el caso del tratamiento de nitruración Tenifer + QPQ, es una muestra de lo que sucede con muchos baños de sales en los cuales los riesgos son asociados

al vuelco o emisiones accidentales de la materia prima, en este caso cianurada, es decir los riesgos son causados por el proceso propiamente dicho. Además, existe un riesgo mayor, dado por los escenarios ambientales que plantean la intrusión de personal no perteneciente a la planta, debido a los elementos que se pueden encontrar en el tratamiento. Por otro lado, el riesgo se ve aumentado en el caso de ocurrencia de fenómenos naturales, como inundaciones de diferente índole, debido a que los hornos se encuentran semienterrados.

5.2.4. Riesgos de las TTS gaseosas

Para los casos de tratamientos gaseosos, los riesgos se distribuyen en la zona moderada. El mayor riesgo se debe a la cantidad de materia prima combustible que se debe utilizar, acopiar y tener disponible para el proceso.

Un detalle interesante, es la precariedad de la limpieza previa en el caso del nitrurado gaseoso, o bien la ausencia de limpieza en el caso de la carbonitruración. En particular, en este último caso se puede verificar que la temperatura de proceso elimina parte de la suciedad y las sustancias restantes no afectan al tratamiento. A esto se suma la ventaja de no ser necesaria la remoción del óxido de hierro, es decir la cascarilla que se produce al momento del laminado en caliente de diferentes materiales y perfilería; ya que, el tratamiento es capaz de sobrepasar dicha capa superficial y difundirse en el metal base. Esto, sin dudas, genera ventajas de trabajo previo y ahorro de tiempo y recursos. Claro está que la ausencia de limpieza previa en la carbonitruración irá en función de la calidad y terminación superficial que se quiere lograr en la pieza a utilizar, en el caso del relevamiento de esta TTS, se observó una pieza tratada que se destinaba a trabajar en un molino de granos, es decir, que dicha pieza se coloca en una máquina rotativa y golpea al grano, moliéndolo. En una visita a otra empresa se observó que existen otros requerimientos para las piezas carbonitruradas, lo que obliga a trabajar en hornos con atmósfera controlada, es decir que el tratamiento se realiza en la forma descripta y luego el enfriamiento se lleva a cabo en agua o aceite pero dentro de una atmósfera de gases como monóxido de carbono que aseguran una ausencia de oxígeno que afecte las superficies tratadas.

5.2.5. Riesgo de las TTS con baños de metal fundido

Finalmente, dentro de las técnicas de baños de metal fundido, el riesgo reside en la complejidad del sistema de limpieza previa al tratamiento, esto radica en que los restos de aceites, grasas o pinturas afectan la reacción del zinc con el hierro evitando que se produzca el recubrimiento y de esta forma altera la calidad de la pieza final.

5.2.6. Equivalencias entre diferentes TTS

Se puede apreciar que las técnicas convencionales poseen un nivel de riesgo más alto viendo a simple vista las matrices de probabilidad vs gravedad, ya que los escenarios ambientales ocupan niveles superiores en las TTS convencionales e inferiores en las TTS innovadoras. Lo expuesto queda claro cuando se comparan dos técnicas con resultados de resistencia al desgaste y a la oxidación similares, como lo son la nitruración gaseosa y la nitruración iónica, en el primer proceso, se utilizan aproximadamente 146kg/tn de amoníaco para nitrurar, los cuales se colocan en el horno a temperatura ambiente y se quema el exceso a la salida del horno, contra aproximadamente 1,6kg (4,45m³) de Nitrógeno, Hidrógeno y Argón, operando a una presión de vacío de 5mbar absolutos, con lo cual comparado con la masa de aire a temperatura ambiente sería despreciable.

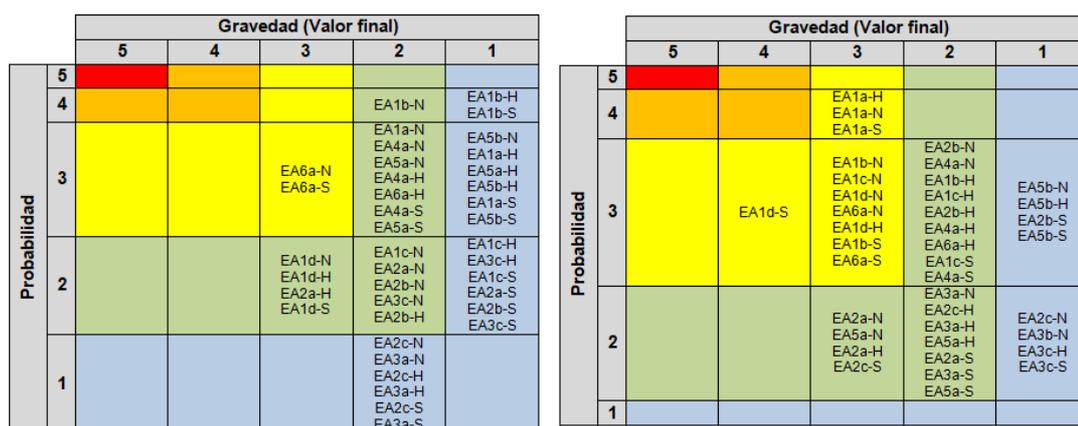


Figura 29: Matriz de riesgo probabilidad vs gravedad, a la izquierda nitruración iónica y a la derecha nitruración gaseosa

Recordando el proceso de carbonitruración gaseosa y su correspondiente tabla de probabilidad vs gravedad (Tabla 44), se observa que la ausencia de lavado previo es beneficiosa, disminuyendo el riesgo y optimizando los recursos del proceso.

		Gravedad (Valor final)				
		5	4	3	2	1
Probabilidad	5					
	4				EA1a-N EA1a-H EA1a-S	
	3			EA1d-N EA1d-H EA1b-S EA1d-S EA6a-S	EA1b-N EA1c-N EA4a-N EA6a-N EA1b-H EA1c-H EA4a-H EA6a-H EA1c-S EA4a-S	EA5b-N EA5b-H EA5b-S
	2				EA2a-N EA5a-N EA2a-H EA5a-H EA5a-S	EA2b-N EA2c-N EA3c-N EA2b-H EA2c-H EA3c-H EA2a-S EA2b-S EA2c-S EA3c-S
	1					

Tabla 60: Matriz de riesgo, probabilidad vs gravedad para carbonitruración gaseosa (Ext. capítulo 4.)

En el caso de la nitruración Tenifer + QPQ, se observa que se generan piezas con muy buenas características, como resistencia a niebla salina de 100h sin detectar fallas (datos obtenidos del Grupo GIS). Como sucede con las TTS nombradas anteriormente, existe una alternativa al nitrurado Tenifer + QPQ, se trata de la nitruración con posterior oxidación asistida por plasma. Dicha TTS no fue relevada en esta tesis, pero, se estima que las piezas tratadas pueden conseguir performances superficiales similares o superiores a las conseguidas con la técnica convencional. Esta observación está referida a algunas conclusiones obtenidas en ensayos realizados por el grupo GIS, de la UTN Regional Concepción del Uruguay.

Un aspecto negativo, que ocurre aún en estos días, es que muchas veces las especificaciones de piezas desarrolladas en el extranjero, indican que el tratamiento acorde debe ser un Tenifer + QPQ, notando también que en ocasiones existen en la industria áreas técnicas desinformadas o conservadoras en cuanto al uso de tratamientos alternativos.

Se observa en la gráfica de presentación de resultados, que la nitruración Tenifer + QPQ posee características similares al cromo duro, siendo este último una TTS que tiende a desaparecer por los efectos cancerígenos del Cr⁺⁶. No se quiere decir que un tratamiento de Tenifer + QPQ sea equivalente a un cromo duro, debido a las diferencias notables sobre todo a nivel estético, pero sí, que hay tratamientos con menor riesgo con los que se pueden conseguir resultados similares, de hecho en

ensayos del grupo GIS se da en evidencia que en 100 horas de niebla salina una probeta de cromo duro presentó varios puntos de corrosión.

El PVD ofrece diferentes posibilidades de formación de compuestos para utilizar como recubrimiento. Estos poseen diferentes características de dureza y resistencia a la corrosión. El PVD suele ser utilizado para recubrir herramientas para corte y moldeado de metales, debido a que posee alta performance en cuanto al desgaste se refiere. También se puede aplicar la técnica para recubrimientos decorativos, en este caso, el color del recubrimiento depende del compuesto que se deposite sobre la superficie, utilizándose para piezas que requieren una protección contra el desgaste y están a la vista. El brillo está dado por el nivel de pulido del metal base, por lo tanto se puede alcanzar un grado de terminación, aspecto y performance similar al cromo duro. De todas formas se estima que los costos no son equivalentes, lo que se debe a las particularidades de maquinaria y conocimiento necesario para realizar el tratamiento, pero, es una alternativa para el cuidado ambiental ampliamente superadora.

5.2.7. Aspectos técnicos

En lo referido a los aspectos técnicos de los diferentes procesos, se pudo comprobar que las TTS asistidas por plasma utilizan notablemente menor cantidad de insumos y MP, pero como contraparte, es necesario tener un alto nivel de conocimiento de la tecnología. Se debe utilizar una maquinaria adecuada que trabaja a presiones muy bajas, ocurriendo en ocasiones, que la empresa deba diseñar sus propias máquinas y hacerlas funcionar, y esto requiere de una formación especial y conocimientos generales y específicos muy sólidos para lograr una TTS adecuada y de utilidad, demandando tiempo en investigación y desarrollo que, muchas veces, no se puede volcar directamente en el precio del tratamiento y, en consecuencia, no tiene un retorno económico de forma rápida.

Lo anterior expuesto, se ve reflejado en el nivel de conocimiento necesario para realizar la TTS, nombrado en esta tesis como el aspecto técnico de la TTS. Para ilustrarlo se recuerda la tabla 52 y se la ordena, obteniendo la tendencia de capacidad técnica ascendente.

Capacidad técnica necesaria			
Tendencia	- —————> +		
TTS	Baja	Media	Alta
Galvanizado en Caliente	Baja		
Nitruración Tenifer + QPQ		Media	
Nitruración Gaseosa		Media	
Carbonitruración Gaseosa		Media	
Nitruración Iónica			Alta
Nitrocarburation Iónica			Alta
PVD			Alta

Tabla 61: Capacidad técnica necesaria de los diferentes tratamientos

5.2.8. Aspectos económicos

En cuanto al costo de los diferentes tratamientos, se observa que los órdenes de magnitud son similares, resaltando el alto costo del PVD.

Se debe notar que el tratamiento de nitruración Tenifer + QPQ, se encuentra con un valor relativo superior, esto se debe a que, en realidad, son dos tratamientos; es decir por un lado la nitruración y por otro la oxidación, aún así la composición del precio total del conjunto es algo inferior a la suma del valor de cada tratamiento; esto se debe a que existen procesos en común que se realizan una sola vez, resultando en un menor costo.

En cuanto a costo del PVD, se debe a los niveles de conocimiento, energía eléctrica, materias primas utilizadas y exclusividad del tratamiento. Es un tratamiento muy especial utilizado en la mayoría de los casos para recubrir herramientas para el moldeado de aceros, con lo cual, el costo de recubrimiento se ve diluido en la gran cantidad de piezas que puede trabajar una herramienta tratada con esta clase de técnica. Particularmente para el PVD, el costo representa una gran desventaja, pero como contraparte tiene la gran ventaja de carecer de riesgo ambiental apreciable.

Para ilustrar lo mencionado, se recuerda la tabla 53, del capítulo 4 y se la ordena obteniendo la tendencia de costo ascendente de izquierda a derecha.

Costo			
Tendencia	- →		+
TTS	Baja	Media	Alta
Galvanizado en caliente	21 \$/kg		
Nitruración gaseosa		53\$/kg	
Carbonitruración gaseosa		65\$/kg	
Nitruración iónica		72 \$/kg	
Nitrocarburation iónica		72 \$/kg	
Nitruración Tenifer + QPQ		93 \$/kg	
PVD			800 a 1000 \$/kg

Tabla 62: Costo de los diferentes tratamientos

5.2.9. Energía necesaria

Considerando que la energía necesaria para producir 1 tonelada de acero es aproximadamente 5.300kwh y tomando este parámetro como referencia, es interesante realizar la comparación con la cantidad de energía necesaria para mejorar las características de los materiales que componen una pieza de ingeniería. Se puede decir que consumir 5.300kwh para proteger contra corrosión y desgaste una tonelada de piezas, logrando una vida útil superior a la vida útil de la tonelada sin tratar, daría un balance ambiental y energético positivo. Esto concuerda con las palabras de Lira Olivares et al (2011), quien hace hincapié en el hecho de que al incrementar la vida útil de la pieza se tendrá menor necesidad de sustitución y, por lo tanto, se deberá fabricar menores cantidades de piezas, consumiendo menor cantidad de material, con la consecuente disminución de la actividad minera y del descarte como chatarra, obteniendo un ahorro en materiales, energía y costos asociados al mantenimiento. En este razonamiento se debe notar que no se persigue afectar económicamente las actividades primarias, de extracción y producción del acero, sino que el objetivo es agregar valor a la producción existente mediante técnicas de tratamiento que disminuyan las actividades de mayor impacto y requieran de mano de obra más específica, con mayor nivel de conocimiento y procesos más seguros a nivel laboral.

Esta premisa se corroboró en una de las empresas visitadas, la cual realiza la TTS de carbonitruración, cuyos estudios aseguran que una pieza perteneciente a un molino de martillo para molienda de cereales, tiene duración habitual de aproximadamente 2 meses, esta misma pieza, sin tratamiento, está condenada a

durar algunos días; es decir, suponiendo que la duración de la pieza sin tratar sea 7 días, en contraste con la duración de la pieza tratada de 60 días, se tiene una duración aproximadamente 8,5 veces superior, lo que quiere decir que por solo 750kwh se aumenta la vida útil en la cantidad mencionada, logrando una reducción global de 150.000 litros de agua residual y 2 toneladas de emisiones gaseosas por cada tonelada de acero preservada. A continuación se recuerda el listado de consumo energético dado en la tabla 54 del capítulo 4 y se la ordena para mostrar la tendencia de consumo energético ascendente de izquierda a derecha.

Consumo energético			
Tendencia	- → +		
TTS	Bajo 0 a 3500 kWh	Medio 3501 a 7000 kWh	Alto >7001 kWh
Galvanizado en caliente	525		
Carbonitruración gaseosa	750		
Nitruración iónica	2000		
Nitrocarburation iónica	2000		
Nitruración Tenifer + QPQ		4000	
Nitruración gaseosa		4300	
PVD		6000	

Tabla 63: Consumo energético de los diferentes tratamientos

En la tabla se observa que los procesos que se realizan en hornos eléctricos requieren un consumo energético, por tonelada de material tratado, menor. Durante el desarrollo de las entrevistas se discutió este aspecto con los responsables de las empresas y la directora de tesis, adjudicando este comportamiento al hecho de la facilidad y precisión para automatizar el arranque y parada del aporte de calor de los hornos eléctricos, la ausencia de flujos de aire (comburente) y humos que evacuar, al igual que la ausencia de combustible y consecuentemente la imposibilidad de disponer de un aislamiento estanco.

La excepción se da en dos ocasiones, una con el tratamiento de nitruración gaseosa, donde el consumo de energía eléctrica se ve incrementado debido a la duración del tratamiento, se recuerda que eran 72 horas de tratamiento. La otra excepción se da con el tratamiento de galvanizado en caliente, en el cual se mantiene la temperatura del horno con quemadores a gas natural, en este caso, el horno es de última tecnología, adquirido aproximadamente en el año 2017 y con parámetros de alto

rendimiento, motivo por el cual se ve reducido el consumo de gas natural y, consecuentemente, la potencia equivalente.

5.2.10. Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares

Como se observó en los comentarios dados en el capítulo de resultados, las técnicas asistidas por plasma requieren de presiones de tratamiento muy bajas, en consecuencia, los hornos o reactores utilizados deben soportar dicha presión de vacío lo cual requiere de maquinaria más compleja y métodos de análisis y búsquedas de fallas más rigurosos. Para ilustrar este razonamiento, se ordena la tabla 55 del capítulo 4 y se muestra la tendencia ascendente, que representa la complejidad en función de las presiones de trabajo.

Infraestructura, máquinas e instalaciones auxiliares			
Tendencia	- \longrightarrow +		
TTS	Baja	Media	Alta
Galvanizado en caliente	P. atmosférica		
Nitruración Tenifer + QPQ	P. atmosférica		
Nitruración gaseosa		P > atmosférica	
Carbonitruración gaseosa		P > atmosférica	
Nitruración iónica			5mbar
Nitrocarburation iónica			5mbar
PVD			0,1mbar

Tabla 64: Complejidad de la maquinaria en función de las presiones de trabajo

En el caso de la infraestructura, se observó que todas las naves industriales eran de similares características, pero de todas formas, se detectaron algunas diferencias; un caso que se observó en general fue que las técnicas innovadoras poseían entornos más limpios, el sitio donde se realiza el PVD fue el que más resaltó, ya que tenía un grado de infraestructura similar a un laboratorio. Se cree, que esto está influenciado por la ausencia de emisiones y material particulado. Como contraparte, en el entorno del proceso de nitruración Tenifer + QPQ fue donde mayor cantidad de polvo o material particulado se encontró, el cual se asoció con las sales del tratamiento.

5.2.11. Generalizaciones

El análisis planteado y sus resultados, pueden utilizarse para inferir desde lo particular, o sea cada una de las técnicas descriptas, hacia lo general. Tal es el caso

de las TTS que no se relevaron pero se nombraron entre los resultados, o sea el zincado electrolítico, CVD asistido por Plasma y cromo duro. Debido a que no existen datos relevados, el nivel de riesgo de estas técnicas se infirió. Por ejemplo, el zincado electrolítico se presume que posee mayor riesgo que una técnica de galvanización en caliente, debido a la composición de los baños de electrolitos y demás insumos utilizados. En realidad, no se puede inferir un valor específico o una medida de que tanto mayor puede ser dicho riesgo, pero se tiene la línea de base, la cual está representada por el tratamiento estudiado y se puede afirmar que el riesgo será como mínimo igual y seguramente superior al de la TTS estudiada.

Una tendencia conocida que resalta en el relevamiento es que el proceso de galvanización en caliente es una de las alternativas para tratar piezas o elementos estructurales con una gran variedad de dimensiones y en cantidad considerable. Si bien sólo se utiliza para proteger contra la corrosión, resulta en este campo ser una de las mejores alternativas y la preferible en cuanto a costo del tratamiento y capacidad técnica necesaria. Como es un tratamiento que no aporta una resistencia al desgaste considerable, se vuelve inútil para utilizarla en elementos mecánicos donde la dureza es una característica deseada.

5.2.12. Comparación de resultados y antecedentes

En su estudio, Agüero (2007), concluyó que la ingeniería de superficies persigue una optimización de insumos y energía, haciendo los procesos más eficientes. Esto fue reforzado por Barz y Haupt (2015), quienes trabajaron en el campo de las técnicas asistidas por plasma, concluyendo que estos procesos pueden sustituir a aquellas técnicas relacionadas con la química húmeda. También, se ha publicado hace varios años las contribuciones de Bell, Sun y Suhadi (2000), quienes agregaron que existen beneficios técnicos y ambientales derivados de las tecnologías asistidas por plasma, marcando por ejemplo la ausencia de humos, residuos tóxicos, ruido o calor significativo, riesgos de explosión, tiempos de proceso menores, menor consumo energético y, también, el consumo de gases muy por debajo del valor de otros. Observando los resultados se encuentra una concordancia con los citados autores y también con el resto de los nombrados entre los antecedentes. Se comprueba que las TTS Innovadoras, realizadas en la zona de interés, son ambientalmente más

amigables que las TTS convencionales y son factibles de realizarse y practicarse industrialmente. Sobre todo, se comprueba que existe el know-how necesario para que el nivel de complejidad, grado de conocimiento y formación profesional no sea una limitante.

5.2.13. Exposición unificada de resultados

Finalmente se logró, con el formato de presentación de las tablas de resultados, compilar los tres aspectos estudiados, integrando conceptos que permiten una fácil interpretación y comprensión por parte del lector, aún sin necesidad de la lectura detallada de la metodología y el análisis de resultados, logrando que los resultados tengan un valor apreciable en sí mismos.

Haciendo referencia al objetivo general de la tesis, el cual establecía que el fin de la investigación es encontrar los procesos más sostenibles, se recuerda la definición de sostenibilidad, palabra utilizada por primera vez en el Informe Brundtland (1987), donde se establece que *“Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias.”*. Según se expresa en el informe, el desarrollo sostenible exige que se adopten medidas acordes, tales como, respetar la ecología y la utilización racional de energía; siendo este desarrollo un proceso de cambio continuo, donde la explotación de los recursos, las inversiones, los progresos tecnológicos y la modificación de las instituciones se vuelven acordes, tanto con las necesidades presentes, como con las futuras.

Según lo mencionado, se puede establecer que las TTS asistidas por plasma son las más sostenibles, esto se debe al siguiente análisis de los tres aspectos mencionados.

- Aspectos ambientales: no quedan dudas que las MP, los insumos utilizados y, en consecuencia, los residuos generados en los procesos asistidos por plasma, son más inocuos. También, poseen niveles de consumo de dichas MP e insumos notablemente inferiores al de otras técnicas, lo cual hace que sus residuos sean casi nulos y el riesgo para el ambiente sea muy bajo.

- Aspectos técnicos: las TTS asistidas por plasma se realizan en la zona, por lo tanto, no se observaron inconvenientes técnicos para su realización en mayor cantidad de establecimientos. Pero se sabe que existe la realidad de que estas técnicas requieren una mayor necesidad de know-how. Esto no representa un inconveniente para nombrarlas ambientalmente más sostenibles, debido a que el proceso de cambio que plantea el desarrollo sostenible necesita de la aplicación de los progresos tecnológicos.
- Aspectos Económicos: las TTS asistidas por plasma poseen un costo mayor, pero, se cree que esto es relativo a la situación por la cual están pasado, es decir, que son procesos realizados por contados establecimientos, con maquinaria cuya tecnología es escasa y con innumerables horas invertidas en investigación y desarrollo, lo cual sesga el valor económico que se le debe dar al tratamiento. Junto con el fomento y el avance tecnológico, estas técnicas deberían dejar de ser propiedad de quienes más saben y pasar a ser de uso común, logrando más competitividad y mejor precio.

A continuación se ordenan las tablas 57 y 58 del capítulo 4, en función del riesgo ambiental hallado, es decir el riesgo aumenta recorriendo la tabla desde arriba hacia abajo.

Presentación de Resultados Ambiental - Técnico - Económico en Función de la Dureza [HRC]											
10 a 20			30	40	50 a 70			80	90 a 100		
69%	Baja	21\$/kg			48%	Alta	72\$/kg		Extrap.	Extrap.	S/D
Galvanizado en Caliente (< 23)					Nitruración Iónica (50 a 70)				CVD Asistido por Plasma (90 a 92)		
Extrap.	Extrap.	S/D		48%	Alta	72\$/kg			74%	Alta	800\$/kg
Zincado Electrolítico (< 22)				Nitrocarburation Iónica (40 a 60)				PVD (> 90)			
					55%	Media	65\$/kg				
					Carbonitruración Gaseosa (50 a 65)						
					74%	Media	53\$/kg				
					Nitruración Gaseosa (50 a 70)						
					74,0%	Media	93\$/kg				
					Nitruración Tenifer + QPQ (50 a 70)						
					Extrap.	Extrap.	S/D				
					Cromo Duro (68)						

Tabla 65: Resultados Ambiental – Técnico – Económico en función de la dureza. Ordenados en función del riesgo ambiental

Presentación de Resultados Ambiental - Técnico - Económico en Función de la Protección Contra la Corrosión							
Baja	Regular	Buena		Muy Buena		Excelente	
		48%	Alta	72\$/kg	74%	Alta	800\$/kg
		Nitruración Iónica			PVD		
		48%	Alta	72\$/kg	Extrap.	Extrap.	S/D
		Nitrocarburoción Iónica			CVD Asistido por Plasma		
		55%	Media	65\$/kg	69%	Baja	21\$/kg
		Carbonitruración Gaseosa			Galvanizado en Caliente		
		74%	Media	53\$/kg	74%	Media	93\$/kg
		Nitruración Gaseosa			Nitruración Tenifer + QPQ		
					Extrap.	Extrap.	S/D
					Zincado Electrolítico		
					Extrap.	Extrap.	S/D
					Cromo Duro		

Tabla 66: Resultados Ambiental – Técnico – Económico en función de la protección contra la corrosión. Ordenados en función del riesgo ambiental

Estas tablas pueden dar respuesta a varias situaciones planteadas a diario en diferentes tareas. Para ejemplificar esto, se plantean las siguientes situaciones y las formas de resolver en función de las tablas.

- Se desea seleccionar una TTS que alcance una dureza mínima de aproximadamente 60HRC, para tratar una pieza estándar de una máquina con destino nacional, donde, los requerimientos de protección contra la corrosión no son relevantes. Debe cumplir con los requisitos de ser lo más económica posible. En este caso, ingresando en la tabla 65, con el valor de 60HRC, vemos que la técnica más económica es la nitruración gaseosa.
- Adicionalmente a lo anterior, se desea tener la mayor cantidad de proveedores posibles de dicha técnica. En este caso, una complejidad técnica más baja puede ser indicativo de que existan mayor cantidad de proveedores, por lo tanto la nitruración gaseosa aún se adapta a esta situación.
- Suponemos ahora que una adaptación de tecnología hace que la máquina, que utiliza dicha pieza, se debe utilizar en un ambiente químicamente agresivo, por lo que, la protección contra la corrosión sería una característica relevante. En este caso vemos que ingresando en la tabla 66, la TTS de

nitruación gaseosa deja de ser de utilidad debido a que existen TTS con mejor comportamiento ante la corrosión, entonces de la combinación de dureza y protección contra corrosión surge que la TTS mas económica es la nitruación Tenifer + QPQ.

- Finalmente, se puede suponer un escenario en que la pieza sea exportada a un mercado internacional, en el cual se exigen criterios rigurosos de protección ambiental y el éxito de la venta queda definido por la trazabilidad ambiental de dicha máquina y, consecuentemente, de sus piezas; quedando el costo y la disponibilidad de proveedores en segundo plano. Con todos los datos dados e ingresando en las tablas podemos encontrar que el tratamiento que mejor se ajusta es el PVD. Cabe destacar que en este caso la dureza sería superlativa y en función de la pieza, se debería negociar el costo para que la máquina no pierda competitividad.

En definitiva, el ejemplo mencionado puede ser uno de los tantos que se pueden dar a la hora de diseñar o fabricar máquinas. Por otro lado, de este ejemplo pueden surgir observaciones importantes, tales como la importancia de llevar adelante las pruebas correspondientes al método de nitruación iónica con posterior oxidación, el cual, se encuentra en etapa de investigación; esto impactaría enormemente en el costo del tratamiento y alcanzar más fácilmente los objetivos propuestos en el ejemplo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIÓN

6.1. Cumplimiento de los objetivos

En esta tesis se presentó una investigación descriptiva de las diferentes técnicas de tratamiento superficial para aceros de uso industrial, se realizó el relevamiento de siete técnicas diferentes, utilizadas actualmente en nuestro país. Se detallaron y analizaron los aspectos ambientales, técnicos y económicos con el fin de encontrar los procesos más sustentables.

Se pueden detallar una serie de conclusiones interesantes, relacionadas con el objetivo general, los diferentes objetivos específicos y el objetivo de extensión. A continuación, se recuerda cada uno de ellos y se exponen las conclusiones.

6.1. Objetivo general

Realizar una investigación descriptiva de las diferentes técnicas de tratamiento superficial para aceros de uso industrial utilizadas en nuestro país, analizando aspectos ambientales, técnicos y económicos con el fin de encontrar los procesos más sostenibles.

Teniendo en cuenta la definición de desarrollo sostenible, recordada en el capítulo de discusión de la investigación, se puede decir que se alcanza el objetivo general, resultando ser las técnicas asistidas por plasma, las más sostenibles de todas las consideradas en la investigación.

Además, se logró aportar una nueva descripción de las técnicas desde la perspectiva ambiental, justificando los resultados por medio del análisis de riesgos.

También, se actualizó el concepto que establece que las técnicas de tratamiento superficial, en general, tienen un grado de contaminación alto, mostrando que el nivel de impacto real, hoy en día, se encuentra en órdenes inferiores.

Conceptualmente, es importante notar el aporte que se realiza con la tabla de resultados, donde se exponen los diferentes tratamientos; en la cual, ingresando con la dureza o protección contra la corrosión, se puede obtener el conjunto de tratamientos que cumplen dicho requerimiento y analizar cual tiene menor riesgo ambiental.

6.1.1. Objetivo específico 1

Establecer qué técnica de tratamiento superficial posee menor riesgo ambiental en función de las características de protección de la pieza, requeridas.

En este caso, los resultados exhiben un claro patrón y basándose en ellos, se puede decir con certeza que las TTS asistidas por plasma tienen un menor riesgo ambiental, logrando características de dureza y protección contra la corrosión similar a otros tratamientos o a veces superiores.

Además, esta conclusión es concordante con varios de los autores mencionados en los antecedentes, que tratan los temas de forma general y en otras economías, como lo son Barz y Haupt (2015), Bell, Sun y Suhadi (2000), entre otros.

6.1.2. Objetivo específico 2

Analizar la factibilidad de aplicación de la técnica con mayores beneficios ambientales, en función de su complejidad técnica y costo económico.

Si bien, la adopción de tecnologías más limpias no es un problema simplemente tecnológico, sino que mucho tienen que ver los aspectos económicos, financieros, organizacionales y administrativos, se pudo comprobar que las técnicas con mayor beneficio ambiental son totalmente factibles de realizar.

Adicionalmente, y gracias a estas técnicas innovadoras, aún se continúan desarrollando otras técnicas, como la mencionada nitruración iónica con posterior oxidación para continuar agregando tratamientos alternativos de bajo impacto ambiental.

6.1.3. Objetivo específico 3

Desarrollar un modelo de auditoría ambiental y análisis de riesgo aplicable a industrias similares.

Como resultado de la metodología desarrollada, se obtuvo una planilla de auditoría para el relevamiento de información de cada TTS, cabe recordar, que dicha planilla se orienta solo al tratamiento y no a la infraestructura de la empresa. De todas formas se logró una planilla de suma utilidad para ser replicada en otras industrias de TTS, metalmecánica, de pinturas o similares.

Con respecto al análisis de riesgo, hay que destacar que el método es perfectamente aplicable tanto a las industrias de tratamientos superficiales como a otras industrias de la rama metalmecánica o de otras ramas teniendo en cuenta la realización de pequeñas modificaciones.

Dado que no existe material bibliográfico específico, aplicado y desarrollado para esta rama de la industria, la investigación representa un recurso académico importante, ya que la metodología se encuentra explícita.

6.1.4. Objetivo específico 4

Establecer pautas para el cumplimiento de la Normativa Ambiental.

Queda demostrado, en función de los comentarios realizados en el punto 5.1.3, que la principal pauta para el cumplimiento de la normativa ambiental es desarrollar políticas de control y fiscalización ambiental, efectivas y sostenidas en el tiempo,

teniendo en cuenta que dichas políticas sean a largo plazo y no interfieran los cambios de gobierno, la ideología política o el tamaño relativo de las empresas en general. De hecho, los procesos que antes se creían muy contaminantes, en esta investigación se corroboran que poseen bajos niveles de riesgo. Según las entrevistas realizadas en los diferentes establecimientos esta diferencia viene motivada, en parte, por las presiones de los diferentes organismos de control ambiental.

6.1.5. Objetivo específico 5

Indicar cuales TTS, deben tener mayor prioridad e incentivo de desarrollo.

Del punto 5.1.4, dado en la discusión, se puede concluir que todas las empresas deberían ser apoyadas por medio de créditos y programas de inversión.

Dicho apoyo, debería ser direccionado con el objetivo de migrar, desarrollar y/o mejorar tratamientos como los asistidos por plasma, que aseguren las propiedades deseadas con el menor consumo de materia prima, insumos y energía, logrando de esta forma un beneficio global.

Otras metodologías de apoyo, exclusivamente para las técnicas más sostenibles, es decir las asistidas por plasma, sería generar premios y beneficios para las empresas que realicen estas técnicas. En este caso las empresas que realicen técnicas tradicionales, verían en dichos premios o incentivos una oportunidad de desarrollo e invertirían recursos para realizar el cambio. Pero se debe tener especial atención en la aplicabilidad de este tipo de políticas, debido a que pueden generarse falta de incentivos o de financiamientos en las empresas de tratamientos tradicionales ocasionando la pérdida de competitividad y, reduciendo sustancialmente la participación en el mercado.

6.1.6. Objetivo de extensión

Promover y/o estimular en la región el desarrollo de la línea de técnicas más sostenibles para tratamientos superficiales de aceros de uso industrial a través de la publicación de la investigación descriptiva, ampliando la frontera de conocimiento de las partes interesadas: empresas de tratamiento superficial,

diseñadores de elementos de máquinas, ente de control y regulación ambiental y área académica.

La importancia de la investigación es valorada por diferentes actores.

En el caso de los desarrolladores de nuevas tecnologías y de TTS alternativas, de bajo impacto ambiental o bajo riesgo ambiental, pueden utilizar la información reflejada para elaborar proyectos de financiamiento y compra de máquinas y herramienta bajo los programas de producción más limpia, eficiencia energética u otros de similares características otorgados por los ministerios correspondientes.

Las empresas de TTS convencionales, pueden solicitar bajo las mismas condiciones dichos créditos para migrar desde tratamientos convencionales, de mayor riesgo ambiental, a técnicas innovadoras de menor riesgo ambiental.

Por otro lado, tanto en el conjunto general de empresas del rubro de las TTS, como también las empresas relacionadas a la metalurgia o metalmecánica, pueden nutrirse de los argumentos y metodología presentados con fines de capacitación al personal propio, generar información para dar a conocer su establecimiento a las autoridades y organizaciones de defensa civil o hasta tomar datos para realizar mejores evaluaciones y prevención de riesgos por parte de los profesionales ambientales, de seguridad e higiene laboral o ART.

Además, otras áreas podrán explotar los conceptos de la investigación, como lo son los organismos gubernamentales de control y fiscalización, los profesionales del área ambiental e instituciones educativas, debido a que la metodología de evaluación de riesgo ambiental demostró ser una herramienta de análisis efectiva.

Para lograr el objetivo de promover y/o estimular en la región el desarrollo de las técnicas más sostenibles, se preparó un manuscrito para ser presentado y publicado en revistas, tanto a nivel nacional como a nivel internacional, luego de ser aprobada la tesis, asegurando una difusión en el ámbito regional y en sectores de interés.

Además se prepara la presentación pública de la tesis y charlas programadas para fomento del grupo GIS, de la carrera de Ingeniería Electromecánica y de la Maestría en Ingeniería Ambiental asegurando una difusión en sectores universitarios.

Por otro lado la investigación será enviada a cada una de las empresas visitadas para que puedan tomar los conceptos desarrollados y aplicarlos a sus procesos, con el fin de optimizar, estandarizar, minimizar riesgos o utilizarlo como fundamentos básicos para migrar a nuevas tecnologías.

6.2. Líneas de investigación a futuro

De la tesis surgen diferentes aspectos que se consideran importantes para dejar un camino de investigación futuro. Dichos caminos se explicitan a continuación.

- En carreras como la ingeniería ambiental, se puede apuntar a la limpieza previa, el cual es un paso que no se puede obviar, sobre todo en los tratamientos asistidos por plasma, sabiendo que gran parte del riesgo radica en los insumos utilizados, puede realizarse una investigación aplicada para obtener una metodología de fabricación de piezas y mantenimiento temporal (evitando la oxidación) para lograr disminuir o anular el proceso de limpieza previa al tratamiento.
- En carreras relacionadas con la legislación ambiental, como camino a seguir se puede mencionar la generación de proyectos de ley, con políticas de incentivos claras, que globalmente tiendan a desarrollar procesos más eficientes.
- En carreras relacionadas con los aspectos técnicos, financieros y económicos de las industrias, puede mencionarse desarrollar una metodología de análisis de pre-inversión para obtener financiamiento o subsidios en base a los créditos o subsidios disponibles en el país o las provincias correspondientes, estableciendo la asistencia técnica global necesaria, la pre-factibilidad a través de check list, la forma de obtener las conclusiones y en caso de ser factible como proceder con la idea.

6.3. Contribuciones

Finalmente, la tesis genera resultados y aplicaciones útiles para diferentes ramas industriales de forma directa e indirecta, lo cual es una contribución al conocimiento científico y tecnológico.

Aplicación directa:

- Ingeniería de superficies: Las contribuciones son positivas debido a que se pudo identificar cuáles son los tratamientos que poseen una misma utilidad, referido a resistencia al desgaste y protección contra la corrosión, teniendo en cuenta las características ambientales, técnicas y económicas.
- Ingeniería ambiental: Contribuye a aumentar el conocimiento del riesgo ambiental de los tratamientos superficiales para aceros de uso industrial.
- Contribución a la formación de recursos humanos: La tesis impacta positivamente en la generación de recursos humanos, ya que al establecer cuáles son los métodos de tratamiento térmico ambientalmente más amigables da lugar a la obtención de créditos relacionados con regímenes de capacitación, otorgados por el Ministerio de Industria. Por otro lado, el grupo de investigación en el que se desarrolló la tesis reforzó sus conocimientos con los aspectos ambientales, pudiendo ofrecerse como asesor objetivo de las diferentes industrias o también como asesor de los organismos gubernamentales para dar apoyo técnico en la presentación de proyectos de desarrollo de nuevos procesos en industrias ya instaladas o por instalarse, asesorando, además, en cuestiones de normativa vigente. Por último se menciona que la tesis da lugar a un graduado de Maestría en Ingeniería Ambiental.
- Ámbito académico: Es importante mencionar que, en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la UTN, existe la materia electiva, Ingeniería de Superficies, en la cual se pueden plasmar los conceptos presentados en la tesis formando temáticas integradas con los temas ambientales.

Aplicación indirecta:

- Agroindustria, autopartes, industria alimenticia, entre otras: Son todas receptoras indirectas de las tecnologías de tratamiento superficial aplicado a las piezas de mecanismos. La forma de impactar en ellos es obtener piezas con mejor performance mecánica, logrando elegir un tratamiento con una calidad superficial similar que sea ambientalmente más amigable y probablemente a un costo más bajo.
- Industria energética y motriz: El aumento de la calidad de la superficie del metal impacta en la disminución de rozamiento y desgaste de diferentes materiales los cuales aumentan la eficiencia de las máquinas generadoras o transformadoras de diferentes energías.
- Organismos de control: Los organismos de regulación ambiental, tanto provinciales como nacional, serán capaz de generar estrategias para migrar a métodos más sustentables, a través del apoyo a las industrias, con programas de créditos o incentivos a aquellas empresas que quieran desarrollar los procesos más limpios nombrados en la presente, resultando de manera positiva para calificar técnicamente a la industria de tratamientos superficiales y brindarle, además, calidad y responsabilidad ambiental, repercutiendo positivamente en el compromiso social.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Referencias

Agüero, A. (2007). Ingeniería de superficies y su impacto medioambiental. *Revista de Metalurgia*. 43 (1), 63-75.

ASM Int. (2001), *Surface Engineering, for corrosion and wear resistance*. USA. ASM International.

Avner, S. H., (1979), *Introducción a la metalúrgica física*, México, Mc Graw – Hill.

Barz, j. y Haupt, M. (2015). Environmental aspects of plasma technology. *Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology*. Recuperado de URL <http://www.igb.fraunhofer.de/en/competences/interfacial-materials/plasma-processes/aspects-of-plasma.html>

Bell, T., Sun, Y. y Suhadi, A. (2000). Environmental and technological aspects of plasma nitrocarburising. *Vaccum*. (59) 14-23.

Brühl, S. (2007). Procesamiento de materiales por plasma. *Apunte para curso dictado en agosto de 2007*. Concepción del Uruguay, Argentina. UTN, FRCU

Brühl, S. P., Tuckart, W., Cabo, A. y Prieto, G. (2016). Tribological behaviour of nitrided and nitrocarburized carbon steel used to produce engine parts. *Industrial Lubrication and Tribology*, 68 (1), 125-133.

Brundtland, G. H. (1987). Informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo “Nuestro futuro común”. ONU. Recuperado de http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/42/427

Devia Narvaez, D. M. (2012). *Mecanismos de Desgaste en Herramientas de Conformado con recubrimientos TiAlN por medio de Sistemas PAPVD*. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Evans, J., Fernandez Bremauntz, A., Gavilan García, A., Ize Lema, I., Martinez Cordero, M.A., Ramirez Romero, P. y Zuk, M. (2003). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. México.

Femeval (s.f.). *Evaluación de Riesgo Ambiental en Sector Metalmecánico. Guía Metodológica*. Valencia, España.

Grün, R. (1993). Economic and ecological aspects of plasma surface engineering. *Surface and Coatings Technology*. (60) 613-618.

Henkel Ibérica, S.L (2015). *Henkel desarrolla una innovadora alternativa al cromatizado*. Recuperado de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/136504-Henkel-desarrolla-una-innovadora-alternativa-al-cromatizado.html>

IHOBE, S.A. (1997). *Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: Recubrimientos electrolíticos*. País Vasco, España. IHOBE, S.A.

IHOBE, S.A. (1997). *Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: Galvanizado en caliente*. País Vasco, España. IHOBE, S.A.

Lira Olivares, J., Gonzales Rodulfo, S. y De Abreu, J. (2011). Recubrimientos metálicos y cerámicos solucionan el problema económico y ambiental de países

desarrollados y en desarrollo. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. 31 (2), 106-121.

Rojas Cruz, M. C. (2008). Cromado: Un proceso de dos caras. *Revista Metal Actual*. (7), 52-57.

Santillan Espinoza, D. I. y Sandobal Silva, O. R. (2013). *Construcción, implementación y pruebas de una planta piloto de cobreado, niquelado, cromado, galvanizado, anodizado con sus respectivas guías para el laboratorio de tratamientos superficiales de la facultad de mecánica*. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica.

Schinitman, N. (2016). *Norma Internacional ISO 14001:2015 Manual Aplicativo*. Recuperado de <http://www.estrucplan.com.ar/secciones/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=3591>

Stenum (s.f.). *Introducción a la producción más limpia*. ONUDI

A continuación se detallan las referencias correspondientes a los datos de seguridad de materias primas e insumos. Cabe destacar que las marcas que se encuentran detalladas no son necesariamente las utilizadas en los procesos relevados, pero debido a que los datos de seguridad son universales se asume que la sustancia química produce las mismas consecuencias, sin importar la marca.

Ácido clorhídrico (2005). Hoja de datos de seguridad. Recuperado de http://ii.o.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido_clorhidrico.pdf

Axion energy (2018). Ficha de datos de seguridad, Nafta normal. Recuperada de <https://www.axionenergy.com/ar/download/hojas-tecnicas/nafta-normal-seguridad.pdf>

Cyplus (2007). Ficha de datos de seguridad, Cianuro de sodio (6.11/REG_EU).

Durferrit, do Brasil Química LTDA (2006). Ficha de informe de seguridad de producto químico, Sal AB1.

GTM (2014). Hoja de datos de seguridad, Cloruro de zinc (3). Recuperado de <http://www.gtm.net/images/industrial/c/CLORURO%20DE%20ZINC.pdf>

GTM (2016). Ficha de datos de seguridad, Alcohol isopropílico. Recuperado de <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALCOHOL%20ISOPROPILICO.pdf>

GTM (2016). Ficha de datos de seguridad, Cloruro de amonio (5). Recuperado de <http://www.gtm.net/images/industrial/c/CLORURO%20DE%20AMONIO.pdf>

Indura (2016). Hoja de datos de seguridad, amoniaco (HDS-NH3-00). Recuperada de <http://www.indura.cl/Descargar/Amoniaco?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F51524d86f0b6400db370dc112e087d0d.pdf>

Indura (2016). Hoja de datos de seguridad, gas acetileno (HDS-C2H2-00). Recuperado de <http://www.indura.cl/content/storage/cl/producto/874dc3b4188546a79c273a2e70fe723f.pdf>

Indura (2016). Hoja de datos de seguridad, gas argón (HDS-ARGON-00). Recuperado de <http://www.indura.cl/content/storage/cl/producto/8e6c0bec3d7e4da78a4f0f0c8ce8864f.pdf>

Indura (2016). Hoja de datos de seguridad, gas hidrógeno (HDS-H2-00). Recuperada de <http://www.indura.cl/content/storage/cl/producto/f2600e50b9b04ec687dbdfefb222d8ec.pdf>

Indura (2016). Hoja de datos de seguridad, gas nitrógeno (HDS-NITRO-00). Recuperada de <http://www.indura.cl/content/storage/cl/producto/4c099f259e334b82a1e101c90518400a.pdf>

Innophos (2010). Hoja de seguridad de materiales, Ácido fosfórico. Recuperado de <http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Acidos/acido%20fosforico.pdf>

Laboratorios Certificados SACI (2017). Ficha de datos de seguridad, LC Suds.

Metal Chem SA (2017). Hoja de seguridad, Metal Cleaer 274I (6).

Praxiar (2009). Hoja de datos de seguridad, gas natural. Recuperado de <http://www.praxair.com.mx/-/media/documents/safety-data-sheets/gas-natural-hds-p4627e-2009.pdf>

Profertil (2003). Hoja de seguridad del producto, Zinc. Recuperado de <http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/zinc.pdf>

Quimipal (s.f). Hojas de seguridad de materiales, titanio. Recuperado de <http://www.quimipal.com/Data/Sites/1/Products/Manuals/hojadeseguridadtitanio.pdf>

U.S. EPA (2001). *Risk Business? An overview of Risk Assessment and RCRA*. Recuperado de EPA530-F-00-032

West Lubricantes (s.f.). Ficha de datos de seguridad, Aceite lubricante 47/500.

Bibliografía

ANDI (s.f.). *Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente*. Colombia.

Centro de Economía Verde (s.f.). *Investigación sobre el sector productivo galvanoplastia*. Recuperado de <http://docplayer.es/14416828-Investigacion-sobre-el-sector-productivo-galvanoplastias.html>

CNPMLTA, (s.f.). *Guía de buenas prácticas ambientales para reducción de residuos en procesos electrolíticos en Colombia*. Colombia.

del Rio Anaya, M. y Luna Encinas, J. A. (2007). Estructplan on line. Determinación de metales pesados en agua residual en proceso de galvanoplastia. Recuperado de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1533/>.

Díaz del Castillo Rodriguez, F. (2007). *Endurecimiento superficial del acero*. Cautitlan Izcalli, México. Facultad de Estudios Superiores Cautitlan

Ferrero, L. (2012). *Procesos termoquímicos de endurecimiento superficial*. Lujan, Bs As. Universidad Nacional de Lujan.

Garcia, T., Montero, J., Calle, W. y Quinde Marlon, S. (2010). Plasma: Una tecnología de gran potencial para la industria y la ciencia. *Ingenius, revista de ciencia y tecnología*. Recuperado de <https://doi.org/10.17163/ings.n4.2010.07/>.

Gomez Botero, M. A. (2005). *Caracterización de las propiedades tribológicas de los recubrimientos duros*. Barcelona España. Universidad de Barcelona.

Marco Normativo Ambiental. (s.f.). Recuperado de <https://sites.google.com/site/marconormativoambiental/argentinamarco-normativo-ambiental-argentino-de-google>

Mec Mex (2016). <http://mecmex.com/recubrimientos-de-reemplazo-de-cromo-duro>

Monsalve, M., López, E., Vargas, F., González, A. y Benavidez V. (2009). Influencia del sustrato, espesor de la capa y técnica de depósito en la textura cristalográfica de películas delgadas de TiN. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. 29 (2), 115-127.

Reglamento Reach (2018). Descargado de <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/reglamento-reach/default.aspx>

Staia, M.H., Campillo, B., Gomez, B.J.A., Carrasquero R., E.J. y Brühl, S.P. (2003). Tribological performance of plasma nitrided AISI 4140 steel. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 18 (3).

U.S. EPA., Sedesol (1993). *La minimización de los residuos en la industria del acabado de metales*.

ANEXO 1

**PLANILLAS DE
RELEVAMIENTO DE
INFORMACIÓN**

A.1.1. Ionar S.A. – Nitruración iónica

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Ionar S.A.			
Localidad	Villa Maipú, General San Martín, Bs As			
Actividad principal	Fabricación de productos Metálicos			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	Nitruración Iónica			
Material base a tratar	Aceros de baja y media aleación / Aceros rápidos / Aceros inoxidables austeníticos			
Cantidad procesada (mes)	6tn/mes			
Tamaño de piezas a tratar	Ømx 500mm y 2,2m de largo			
Espesor de capa esperado	0,4 a 0,5 mm (ej 4140)			
Dureza esperada	55 HRC - 600 HV			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?		SI	NO	Parcial
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [min]	Temperaturas [°C]	
Ingreso y dep. de MP	---	---	---	
Clasificación	---	---	---	
Limpieza	Metal cleaner 274 I	---	80	
Armado de la carga en el reactor	---	---	---	
Vacío Mecánico del reactor	---	---	---	
Nitruración	Gases Nitrógeno, Hidrógeno, Argón	15 horas	400	
Desarme de la carga y clasificación	---	---	---	
Sector de expedición	---	---	---	
Flujograma	<pre> graph TD A[Ingreso y depósito de la MP] --> B[Clasificación] B --> C[Limpieza] C --> D[Armado de la carga en el reactor] D --> E[Vacío mecánico del reactor] E --> F[Nitruración Iónica] F --> G[Desarme de la carga y clasificación] G --> H[Sector de expedición] I[Generación de Aceite Soluble] --> C J[Aire] --> C C --> K[Generación de efluente líquido] K --> L[Vuelco autorizado de efluentes] M[Hidrógeno, Argón Nitrógeno] --> F G --> N[Emisiones gaseosas] </pre>			
Observaciones				

Insumos y MP del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?		X		
¿Existe un stock de insumos permanente?		X		
Observaciones				
Listar MP e insumos - Características				
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)
Gas comprimido Nitrógeno	Aporte a la Superficie	G	Tubos 11m3	1m3/tN
Gas comprimido Hidrógeno	Aporte a la Superficie	G	Tubos 11m3	3,33m3/tN
Gas comprimido Argón	Limpieza por barrido	G	Tubos 11m3	0,12m3/tN
Metal Cleaner 274 I	Limpieza	S	Bolsa 20kg	0,66kg/tN
Observaciones	Los tubos se cambian una vez por mes, se colocan y almacenan en el mismo sector de uso, de forma que no existen mas movimientos que el recambio de tubos. El polvo limpiador es un detergente biodegradable, se almacena en bolsas de 20kg, debido a esto, sin mayor necesidad de cuidados.			
Insumo particularmente importante: Agua				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?		X		
Observaciones				
Listar uso de agua				
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO
Lavado de piezas	Limpieza	L		Si
Observaciones	Como resultado de la limpieza se obtiene Agua con diferentes sustancias disueltas, se la trata mediante sedimentación y flotación, se extrae la emulsión de aceites y grasas considerada Y09. El líquido resultante, agua dentro de los límites de vuelco, es vertida a la red cloacal			
Residuos del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?		X		
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?		X		
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?			X	
Observaciones				
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.				
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vendible?
Efluente líquido	Limpieza	L	S/D	No
Aceites y grasas	Limpieza	S	2,7kg/tN	No
Material particulado	Cabina de Blasting	S	1,8kg/tN	No
Gases post tratamiento	Vaciado del reactor	G	Despreciable	No
Observaciones	El depósito de residuos especiales se encuentra cubierto, con piso impermeable y antideslizante, contención antiderrame, señalizado, iluminación natural y artificial. Se depositan transitoriamente tambores de 200 lts con el residuo líquido generado hasta que el transportista autorizado los retire. La cantidad de gases postratamiento que existen en el reactor al momento de culminar la nitruración es despreciable, debido a que la presión es 5mbar, y el aire que ingresa diluye los gases.			

Flujos de Energía del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?				X
¿Qué cantidad E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?		2.000 kw/tmN		
¿Se intentó reducir la cantidad de E. Eléctrica consumida satisfactoriamente?		X		
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?			X	
Detallar etapas		Sector Limpieza, el resto son inferiores al mx permitido por la legislación.		
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?			X	
¿Dichas vibraciones son permanentes?			X	
Detallar etapas		No se observan vibraciones en el proceso. No existe registro de mediciones.		
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				X
¿Dicha carga térmica es permanente?			X	
Detallar etapas		Periodo de Nitruración (dentro de los niveles permitidos por la ley)		
Observaciones	El calentamiento de la carga tiene un tiempo aproximado de 3hs y un enfriamiento de 6 horas.			
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario	1			
Calificación necesaria	Técnico			
Formación mandos medios	Técnico o Universitario formado en el proceso y con conocimiento de la tecnología			
Formación personal jerárquico	Técnico o Universitario formado en el proceso y con conocimiento de la tecnología			
Observaciones				
Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Nave completa	Cubierta parabólica de chapa senoidal aislada termicamente, chapa translúcida, paredes de mampostería, piso cemento antideslizante	Producción, administración, inst aux.	244m2	
Sector Producción	Idem anterior	Nitruración	100m2	Solo Nit.
Sector Servicios auxiliares	Idem anterior	Tratamiento de efluente	21m2	
Cabina de Blasting	---	---	---	
Limpiadora por ultrasonido	---	---	---	
Equipo de Nitruración	vertical	Nitrurado	Ø0,55x2,2	33,56HP
Equipo de Nitruración	vertical	Nitrurado	Ø0,55x1	33,56HP
Equipo de Nitruración	horizontal	Nitrurado	0,5x0,5x0,8	21,56HP
2 Durómetros	de banco	---	---	
Durómetro	portatil	---	---	
Observaciones	En el caso de la superficie faltante es dedicada a otras actividades que realiza la empresa, como lo son la fabricación de maquinaria.			
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Moneda
Acero ej 4140	varias dimensiones	varios	72	\$/kg
Inoxidables	varias dimensiones	varios	144	\$/kg
Observaciones				

A.1.2. Ionar S.A. – Nitrocarburation iónica

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Ionar S.A.			
Localidad	Villa Maipú, General San Martín, Bs As			
Actividad principal	Fabricación de productos Metálicos			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	Nitrocarburation Iónica			
Material base a tratar	Aceros de baja y media aleación / Aceros rápidos / Aceros inoxidables austeníticos			
Cantidad procesada (mes)	S/D			
Tamaño de piezas a tratar	Ømx 500mm y 2.2m de largo			
Espesor de capa esperado	0,4 a 0,5 mm (cj 4140)			
Dureza esperada	55 HRC - 600 HV			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?	SI	NO	Parcial	
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [min]	Temperaturas [°C]	
Ingreso y dep. de MP	---	---	---	
Clasificación	---	---	---	
Limpieza	Metal cleaner 274 I	---	80	
Armado de la carga en el reactor	---	---	---	
Vacío Mecánico del reactor	---	---	---	
Nitrocarburation	Gases Nitrógeno, Hidrógeno, Argón, Acetileno	8 horas	570	
Desarme de la carga y clasificación	---	---	---	
Sector de expedición	---	---	---	
Flujograma	<pre> graph TD A[Ingreso y depósito de la MP] --> B[Clasificación] B --> C[Limpieza] C --> D[Armado de la carga en el reactor] D --> E[Vacío mecánico del reactor] E --> F[Nitrocarburation Iónica] F --> G[Desarme de la carga y clasificación] G --> H[Sector de expedición] I[Aire] --> E J[Hidrógeno, Argón, Nitrógeno, Acetileno] --> F K[Emisiones gaseosas] --> G C --> L[Generación de Aceite Soluble] C --> M[Generación de efluente líquido] M --> N[Vuelco autorizado de efluentes] </pre>			
Observaciones	El proceso es similar a la Nitruración Iónica, con la diferencia que se adiciona Acetileno como materia prima de aporte de carbono a la pieza.			

Insumos y MP del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?		X		
¿Existe un stock de insumos permanente?		X		
Observaciones				
Listar MP e insumos - Características				
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)
Gas comprimido Nitrógeno	Aporte a la Superficie	G	Tubos 11m3	1m3/tnN
Gas comprimido Hidrógeno	Aporte a la Superficie	G	Tubos 11m3	3,33m3/tnN
Gas comprimido Acetileno	Aporte a la Superficie	G	Tubos 10kg	S/D (despreciable)
Gas comprimido Argón	Limpieza por barrido	G	Tubos 11m3	0,12m3/tnN
Metal Cleaner 274 I	Limpieza	S	Bolsa 20kg	0,66kg/tnN
Observaciones				
Los tubos se cambian una vez por mes, se colocan y almacenan en el mismo sector de uso, de forma que no existen mas movimientos que el recambio de tubos. El polvo limpiador es un detergente biodegradable, se almacena en bolsas de 20kg, debido a sus características, no requiere mayor necesidad de cuidados.				
Insumo particularmente importante: Agua				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?		X		
Observaciones				
Listar uso de agua				
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO
Lavado de piezas	Limpieza	L		Si
Observaciones				
Como resultado de la limpieza se obtiene Agua con diferentes sustancias disueltas, se la trata mediante sedimentación y flotación, se extrae la emulsión de aceites y grasas considerada Y09. El líquido resultante, agua dentro de los límites de vuelco, es vertida a la red cloacal				
Residuos del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?		X		
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?		X		
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?			X	
Observaciones				
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.				
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vendible?
Efluente líquido	Limpieza	L	S/D	No
Aceites y grasas	Limpieza	Barros	2,7kg/tnN	No
Material particulado	Cabina de Blasting	S	1,8kg/tnN	No
Gases post tratamiento	Vaciado del reactor	G	Despreciable	No
Observaciones				
El depósito de residuos especiales se encuentra cubierto, con piso impermeable y antideslizante, contención antiderrame, señalizado, iluminación natural y artificial. Se depositan transitoriamente tambores de 200 lts con el residuo líquido generado hasta que el transportista autorizado los retire. La cantidad de gases postratamiento que existen en el reactor al momento de culminar la nitruración es despreciable, debido a que la presión es 5mbar, y el aire que ingresa diluye los gases.				

Flujos de Energía del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?				X
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?		2.000 kw/tnN		
¿Se intentó reducir la cantidad de E. Eléctrica consumida satisfactoriamente?		X		
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?			X	
Detallar etapas		Sector Limpieza, el resto son inferiores al mx permitido por la legislación.		
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?			X	
¿Dichas vibraciones son permanentes?			X	
Detallar etapas		No se observan vibraciones en el proceso. No existe registro de mediciones.		
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				X
¿Dicha carga térmica es permanente?			X	
Detallar etapas		Periodo de Nitruración (dentro de los niveles permitidos por la ley)		
Observaciones		El calentamiento de la carga tiene un tiempo aproximado de 3hs y un enfriamiento de 6 horas.		
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario		1		
Calificación necesaria		Técnico		
Formación mandos medios		Técnico o Universitario formado en el proceso y con conocimiento de la tecnología		
Formación personal jerárquico		Técnico o Universitario formado en el proceso y con conocimiento de la tecnología		
Observaciones				
Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Nave completa	Cubierta parabólica de chapa senoidal aislada térmicamente, chapa translúcida, paredes de mampostería, piso cemento antideslizante	Producción, administración, inst aux.	244m2	
Sector Producción	Idem anterior	Nitruración	100m2	Solo Nit.
Sector Servicios auxiliares	Idem anterior	Tratamiento de efluente	21m2	
Cabina de Blasting	---	---	---	
Limpiadora por ultrasonido	---	---	---	
Equipo de Nitrocarburation	vertical	Nitrurado	Ø0,55x2,2	33,56HP
Equipo de Nitrocarburation	vertical	Nitrurado	Ø0,55x1	33,56HP
Equipo de Nitrocarburation	horizontal	Nitrurado	0,5x0,5x0,8	21,56HP
2 Durómetros	de banco	---	---	
Durómetro	portatil	---	---	
Observaciones	En el caso de la superficie faltante es dedicada a otras actividades que realiza la empresa, como lo son la fabricación de maquinaria.			
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Moneda
Acero ej 4140	varias dimensiones	varios	72	\$/kg
Inoxidables	varias dimensiones	varios	144	\$/kg
Observaciones				

A.1.3. Sudosilo S.A. – PVD

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Sudosilos S.A.			
Localidad	Córdoba			
Actividad principal	Tratamientos Térmicos e Ingeniería de Superficies			
Cantidad de empleados	60			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	PVD			
Material base a tratar	Aceros comunes, especiales, inoxidable, metal duro Widia			
Cantidad procesada (mes)	Muy variable			
Tamaño de piezas a tratar	hasta Ø500mm y largo 1500mm			
Espesor de capa esperado	2 a 5 mm			
Dureza esperada	TiN: 92HRC (Otros CrN: 80HRC, TiAlN: 94HRC, TiCN: 96HRC)			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?	SI	NO	Parcial	
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [min]	Temperaturas [°C]	
Ingreso y dep. de MP	---	---	---	
Clasificación	---	---	---	
Lavado previo	LC SUDS	10	Ambiente	
Vacio de cámara	---	120	Ambiente	
Bombardeo Iónico	Titanio	30	450	
Revestimiento	Titanio y Nitrógeno	150	200 a 500	
Desarme de la carga y clasificación	---	---	---	
Sector de expedición	---	---	---	
Flujograma	<pre> graph TD A[Ingreso y depósito de la MP] --> B[Clasificación] B --> C[Lavado previo] C --> D[Vacio de cámara] E[Aire] --> D C --> F[Generación de efluente líquido] F --> G[Vuelco a pozo] D --> H[Bombardeo Iónico] I[Nitrógeno Titánio] --> H H --> J[Revestimiento PVD] K[Nitrógeno Titánio] --> J J --> L[Desarme de la carga y clasificación] M[Emisiones gaseosas] --> L L --> N[Emisiones gaseosas] L --> O[Sector de expedición] </pre>			
Observaciones	<p>En estos tratamientos el grado de limpieza es absolutamente relevante. La etapa de bombardeo iónico se realiza con un nivel de vacío (0,0001 mbar) y de tensión superior, en dicho momento se acelera al metal evaporado para producir un choque violento contra la superficie a tratar, ocasionando que el metal revote contra la superficie y extraiga las posibles partículas de suciedad que puedan haber quedado como resultado del lavado. Luego se realiza el recubrimiento, para el cual se baja la Tensión y disminuye el nivel de vacío (0,1mbar), en este caso la temperatura se setea en función de las características físicas del metal base a tratar.</p>			

Insumos y MP del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?		X		
¿Existe un stock de insumos permanente?		X		
Observaciones				
Listar MP e insumos - Características				
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)
Cátodo de Titanio	Material de recubrimiento	S	Pastilla Ø50mm	0,3kg/tnR
Nitrógeno	Material de recubrimiento	G	Cilindro 11m ³	2m ³ /tnR
LC SUDS	Desengrasante	L	Bidon de 5Lts	20l/tnR
Observaciones	El cátodo de Titanio tiene una duración aproximada de 40 tratamientos, luego se retira y se entrega al fabricante para que recupere y reutilice el material.			
Insumo particularmente importante: Agua				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?		X		
Observaciones				
Listar uso de agua				
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO
Lavado	Lavado previo	L	Circuito cerrado	NO
Refrigeración de cámara y bombas	Bombardeo iónico y revestimiento	L	Circuito cerrado	NO
Observaciones	Los hornos poseen una doble pared con un circuito de agua, la cual posee doble funcionalidad, en la etapa de inicio del vacío se hace circular agua caliente para facilitar el arrastre de sustancias como el agua. Luego, durante el proceso de revestimiento se hace circular agua fría para enfriamiento de la cámara.			
Residuos del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?			X	
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?			X	
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?		X		
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?		X		
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?		X		
Observaciones				
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.				
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vend.?
Cátodos de Titanio	Revestimiento	S	Despreciable	Si
Gases post tratamiento	Vaciado del reactor	G	Despreciable	No
Observaciones	Cabe destacar que la cantidad de Titanio utilizado para el revestimiento es muy baja, por lo que el residuo que se genera (fracción del cátodo) es despreciable.			

Flujos de energía del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?		X		
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?		6000kW/tmR		
¿Se intentó reducir la cantidad de E. Eléctrica consumida satisfactoriamente?			X	
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?			X	
¿Dichas vibraciones son permanentes?			X	
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?			X	
¿Dicha carga térmica es permanente?			X	
Detallar etapas				
Observaciones				
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario		3 personas		
Calificación necesaria		Técnico, Laboratorista		
Formación mandos medios		Técnico o Universitario formado en el proceso y con conocimiento de la tecnología		
Formación personal jerárquico		Universitario formado en el proceso, con experiencia y conocimiento de la tecnología		
Observaciones				
Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Sala de PVD	Piso cerámico, mampostería pintada, cielorraso, techo	PVD	60m2	---
línea de lavado y secado	Cubas de acero inox. Para lavado en cascada, con tapas y sistema de vaciado.	Lavado previo	3m3	---
Bombas de vacío	Bomba mecánica Roots y difusora	Vacío de cámara	2m3	---
Fuentes de evaporadores y polarización	Alimentadores de tensión y corriente	Evaporar el metal y polarizar	2m3	---
Equipo de PVD	Recipiente de carga refrigerado	Alojar y recubrir piezas	2m3	---
Sistema de alimentación de gases	Magueras y conductos para el aporte de gases	Aporte de gas	1m3	---
Durometros	---	---	10m2	---
Elementos de laboratorio	---	---	---	---
Observaciones				
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Unidad
Varios	varias dimensiones	Varios	800 a 1000	\$/Kg
Observaciones				

A.1.4. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración Tenifer + QPQ

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Sulfinuz Argentina S.A.I.C.			
Localidad	Mataderos, CABA			
Actividad principal	Tratamientos termoquímicos			
Cantidad de empleados	5			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	Nitruración Tenifer + QPQ			
Material base a tratar	Toda la gama de Aceros			
Cantidad procesada (mes)	0,5tn/mes			
Tamaño de piezas a tratar	Ø900mm x 1.2m			
Espesor de capa esperado	8mm a 0.1mm			
Dureza esperada	60HRC			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?		SI	NO	Parcial
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [minutos]	Temperaturas [°C]	
Recepción de piezas	---	---	---	
Clasificación	---	---	---	
Desengrase	Nafta, trapos, estopa	---	Ambiente	
Pre calentamiento	Gases procedentes horno nitruración	40	300 a 400	
Nitruración Tenifer	Cianuro de sodio	1h-10'	506 a 560	
Oxidación	Hidóxido de sodio, Nitrato de sodio	1h-10'	400	
Enfriamiento y lavado	Agua	instantaneo	Ambiente	
Pulido	Virulana, pasta de pulir, microsferas	---	Ambiente	
Limpieza y verificación	Trapos, aire a presión	---	Ambiente	
Acetado			Ambiente	
Control y Expedición	---	---	---	
Flujograma	<pre> graph TD A[Ingreso y depósito de la MP] --> B[Clasificación] B --> C[Desengrase] C --> D[Pre calentador] D --> E[Nitrurado Tenifer] E --> F[Oxidación] F --> G[Enfriamiento] G --> H[Pulido] H --> I[Limpieza] I --> J[Acetado] J --> K[Control y Expedición] C --- C_in[Nafta, Trapos, Estopa] C --- C_out[Sólidos con aceite y grasa] D --- D_in[Gases procedentes del horno de Nitrur.] E --- E_in[Cianuro de sodio] E --- E_out[Barros] F --- F_in[Hidróxido de Sodio, Nitrato de sodio] F --- F_out[Barros] G --- G_in[Agua] G --- G_out[Barros con sales precedentes] H --- H_in[Virulana, Microsferas, Pasta] H --- H_out[Material particulado] I --- I_in[Aire a presión, Trapos] I --- I_out[Material Particulado] J --- J_in[Aceite Lubricante] </pre>			
Observaciones	Durante el proceso de nitruración tanto el horno de nitrurado como el de oxidación se encuentran con una agitación por medio de inyección de aire para lograr la homogeneización de las sales del baño correspondiente. La Oxidación se realiza una vez, con esto se obtienen resistencias a la corrosión de 200 horas de niebla salina.			

Insumos y MP del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?		X		
¿Existe un stock de insumos permanente?		X		
Observaciones				
Listar MP e insumos - Características				
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)
Cianuro de Sodio	Nitruración	S	Briquetas	100kg/tnNitrurado
Hidróxido de Sodio, Nitrato de sodio	Oxidación	S	Bolsa x 25kg	14kg/tnNitrurado
Nafta	Desengrase	L	Granel	S/D
Trapos y Estopa	Desengrase	S	Bolsa	S/D
Microesferas de vidrio	Pulido	S	Bolsa	S/D
Virulana	Pulido	S	Bolsa	S/D
Pasta de Pulir	Pulido	S	Barra	S/D
Aceite lubricante	Aceitado	L	Bidon 10L	S/D
Observaciones				
Insumo particularmente importante: Agua				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?		X		
Observaciones				
Listar uso de agua				
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO
Enfriamiento y lavado	Enfriamiento y lavado	L	S/D	SI
Observaciones		El consumo de agua representa la cantidad evaporada, se quitan los barro a medida que se generan, pero nunca se cambia ni coloca agua nueva.		
Residuos del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?		X		
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?		X		
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?			X	
Observaciones				
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.				
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vend.?
Estopa y Trapos	Desengrase	S	S/D	NO
Vapores de Nafta	desengrase o Pre calentador	G	S/D	NO
Barro de Nitruración	Nitruración	S	2kg/tnNitrurado	NO
Barro de Oxidación	Oxidación	S		NO
Barro de enfriamiento	Enfriamiento	S		NO
Virulana	Pulido	S	S/D	NO
Material particulado	Pulido	S	S/D	NO
Restos de aceite	Aceitado	L	S/D	NO
Observaciones				

Flujos de Energía del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?			X	
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?		S/D - 4.000m ³ gas/tN		
¿Se intentó reducir la cantidad de Energía Eléctrica consumida satisfactoriamente?		X		
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?			X	
¿Dichas vibraciones son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				X
¿Dicha carga térmica es permanente?				X
Detallar etapas		Los hornos mientras están encendidos (niveles dentro de los parametros legales)		
Observaciones				
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario		2		
Calificación necesaria		Operarios calificados instruidos en el proceso		
Formación mandos medios		Terciario Universitario instruido en el proceso		
Formación personal jerárquico		Terciario Universitario instruido en el proceso		
Observaciones				
Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Nave industrial	Piso cemento alisado antideslizante, techo de chapa senoidal, paredes de mampostería	Nave	1.000m ²	
Horno precalentador	Vertical semienterrado	Precalentamiento	Ø1,1x1,3	
Horno de Nitruración	Vertical semienterrado	Nitrurado	Ø0,8x1,4	
Horno de oxidación	Vertical semienterrado	Oxidación	Ø0,9x1,5	
Torno Pulidor	S/D	Pulido	2,5m	
Cuba para aceitado	Batea de chapa con escurridor	Aceitado	2x2x1m	
Cabina de Blasting	S/D	Pulido	S/D	
Batea de enfriamiento	Batea de chapa	Enfriado y lavado	S/D	
Observaciones				
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Unidad
Indiferente	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba	10kg	157	\$/kgN
Indiferente	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba	20kg	93	\$/kgN
Indiferente	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba	30kg	83	\$/kgN
Observaciones				

A.1.5. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración gaseosa

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Sulfinuz Argentina S.A.I.C.			
Localidad	Mataderos, CABA			
Actividad principal	Tratamientos termoquímicos			
Cantidad de empleados	5			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	Nitruración Gaseosa			
Material base a tratar	Toda la gama de aceros			
Cantidad procesada (mes)	3 a 9tn/mes			
Tamaño de piezas a tratar	Ø900mm x 1,2m			
Espesor de capa esperado	125mm a 0,75mm			
Dureza esperada	60HRC			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?		SI	NO	Parcial
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [minutos]	Temperaturas [°C]	
Recepción de piezas	---	---	---	
Clasificación	---	---	---	
Desengrase	Nafta, Trapos, Estopa	---	Ambiente	
Carga del horno y Pre calentamiento	Amoniaco	3hs	0 a 506	
Nitruración Gaseosa	Amoniaco	72hs	506	
Enfriamiento en Horno	Amoniaco	6hs	506 a 80	
Desarme de carga	---	20	Ambiente	
Control y Expedición	---	---	---	
Flujograma	<pre> graph TD A[Ingreso y depósito de la MP] --> B[Clasificación] B --> C[Desengrase] D[Nafta, Trapos, Estopa] --> C C --> E[Sólidos con aceite y grasa] C --> F[Carga del horno y Pre calentamiento] G[Amoniaco] --> F F --> H[Nitruración Gaseosa] I[Amoniaco] --> H H --> J[Enfriamiento en horno] K[Amoniaco] --> J J --> L[Desarme de la Carga] L --> M[Control y Expedición] N[Amoniaco, Nitrógeno, Hidrógeno] --> O[Quema Controlada] P[Amoniaco, Nitrógeno, Hidrógeno] --> Q[Quema Controlada] R[Amoniaco, Nitrógeno, Hidrógeno] --> S[Quema Controlada] </pre>			
Observaciones	Luego de la carga de piezas con alambres y barras metálicas de contención, se cierra el horno y comienza el calentamiento con aporte de amoniaco hasta llegar a 506°C. En este momento se comienza a contabilizar las 72 horas, manteniendo a temperatura constante y el aporte de amoniaco. Durante el proceso de calentamiento, nitruración y enfriamiento se queman los gases residuales que salen del horno.			

Insumos y MP del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?		X		
¿Existe un stock de insumos permanente?		X		
Observaciones				
Listar MP e insumos - Características				
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)
Amoniaco	Nitruración	G	Tubos 55kg	146kg/tnN
Nafta	Desengrase	L	Granel	S/D
Trapos y Estopa	Desengrase	S	Bolsa	S/D
Observaciones				
Insumo particularmente importante: Agua				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?			X	
Observaciones				
Listar uso de agua				
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO
Observaciones				
Residuos del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?		N/A		
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?		N/A		
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?			X	
Observaciones				
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.				
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vend.?
Estopa y Trapos	Desengrase	S	S/D	NO
Vapores de Nafta	desengrase o Pre calentador	G	S/D	NO
Gases de combustión	Nitruración	S	Aprox.146kg/tnN	NO
Observaciones				
Flujos de Energía del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?			X	
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?		4300kwh/tnN		
¿Se intentó reducir la cantidad de Energía Eléctrica consumida satisfactoriamente?		X		
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?			X	
¿Dichas vibraciones son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				X
¿Dicha carga térmica es permanente?				X
Detallar etapas		Los hornos mientras están encendidos (niveles dentro de los parametros legales)		
Observaciones				
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario	2			
Calificación necesaria	Operarios calificados instruidos en el proceso			
Formación mandos medios	Terciario Universitario instruido en el proceso			
Formación personal jerárquico	Terciario Universitario instruido en el proceso			
Observaciones				

Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Nave industrial	Piso cemento alisado antideslizante, techo de chapa senoidal, paredes de mampostería	Nave	1.000m2	
Horno de Nitruación	Vertical	Nitrurado	S/D	205kW
Batea de lavado	Batea de chapa	Lavado	S/D	
Observaciones				
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Unidad
Indiferente	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba		53	\$/kgN
Observaciones				

A.1.6. Anónimo – Carbonitruración gaseosa

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Anonimo			
Localidad	Entre Ríos			
Actividad principal	Tratamientos termoquímicos			
Cantidad de empleados	4			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	Carbonitruración			
Material base a tratar	Acero 1010, 1020, 1040			
Cantidad procesada (mes)	---			
Tamaño de piezas a tratar	Ø600mm x 0,9m			
Espesor de capa esperado	0,8 a 1mm			
Dureza esperada	60HRC			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?		SI	NO	Parcial
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [minutos]	Temperaturas [°C]	
Recepción de piezas	---	---	---	
Clasificación	---	---	---	
Carga del horno y Pre calentamiento	Alcohol Isopropilico y amoniaco	2,5hs	20 a 900	
Carbonitruración Gaseosa	Alcohol Isopropilico y amoniaco	3hs	900	
Temple en agua o aceite	---	instantaneo	900 a 20	
Control y Expedición	---	---	---	
Flujograma	<pre> graph TD A[Ingreso y depósito de la MP] --> B[Clasificación] B --> C[Carga del horno y Pre calentamiento] C --> D[Carbonitruración Gaseosa] D --> E[Temple en agua o aceite] E --> F[Desarme de la Carga] F --> G[Control y Expedición] H[Quema Controlada] --> D I[Amoniaco, Nitrógeno Hidrógeno] --> D J[Alcohol Isopropilico Amoniaco] --> D </pre>			
Observaciones	<p>Luego de la carga de piezas con alambres y barras metálicas de contención, se cierra el horno y comienza el calentamiento con aporte de los insumos hasta llegar a 900°C, dicho horno es eléctrico. En este momento se comienza a contabilizar las 3 horas, manteniendo a temperatura constante y el aporte de insumos. Durante el proceso de calentamiento y carbonitruración se queman los gases residuales que salen del horno. Una vez que la pieza está terminada se realiza un temple. Se aprovecha la temperatura del horno para realizar un nuevo tratamiento.</p>			

Insumos y MP del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?		X		
¿Existe un stock de insumos permanente?		X		
Observaciones				
Listar MP e insumos - Características				
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo (por unidad de material tratado)
Alcohol Isopropilico	Carbonitruración	L	Bidon 10L	20lts/tnCn
Amoniaco	Carbonitruración	G	Tubos 55kg	Despreciable
Aceite	Temple	L	Tacho 10L	S/D
Agua	Temple	L	Red	S/D
Observaciones				
Insumo particularmente importante: Agua				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?			X	
Observaciones				
Listar uso de agua				
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO
Enfriamiento rápido	Temple	L	Lo que se evapora	NO
Observaciones				
Residuos del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?		X		
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?			X	
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?			X	
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?			X	
Observaciones				
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.				
Residuo	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vend.?
Gases de combustión	Carbonitruración	S	Aprox.20L/tnCn	NO
Observaciones				
Flujos de Energía del proceso analizado				
		SI	NO	PARCIAL
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?			X	
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?			750kwh/tnCn	
¿Se intentó reducir la cantidad de E. Eléctrica consumida satisfactoriamente?		X		
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?			X	
¿Dichas vibraciones son permanentes?				
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				X
¿Dicha carga térmica es permanente?				X
Detallar etapas		Los hornos mientras están encendidos (niveles dentro de los parametros legales)		
Observaciones				
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario		2		
Calificación necesaria		Operarios calificados instruidos en el proceso		
Formación mandos medios		Terciario Universitario instruido en el proceso		
Formación personal jerárquico		Terciario Universitario instruido en el proceso		
Observaciones				

Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Nave industrial	Piso cemento alisado antideslizante, techo de chapa senoidal, paredes de mampostería	Nave	1.000m2	
Horno de Carbonitruración	Vertical	Carbonitrurado	Ø35x0.9m	15kWh
Horno de Carbonitruración	Vertical	Carbonitrurado	Ø60x0.9m	S/D
Observaciones				
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Unidad
Indiferente	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba	Varios	65	\$/kgCn
Observaciones				

A.1.7. Galvasa S.A. – Galvanización en caliente

A continuación se muestra la planilla de relevamiento de información

Planilla de auditoría para relevamiento de información				
Información general de la empresa				
Nombre	Galvasa S.A.			
Localidad	Munro, Vicente Lopez, Bs.As			
Actividad principal	Galvanización en caliente			
Cantidad de empleados	44			
Observaciones				
Descripción del proceso analizado				
Nombre de la TTS	Galvanización en Caliente			
Material base a tratar	Hierro Dulce / Aceros de baja, media y alta aleación			
Cantidad procesada (mes)	400 ton/mes			
Tamaño de piezas a tratar	Tamaño máximo útil de la cuba Largo x Ancho x Profundidad = 7,3 x 0,98 x 1,7 m			
Espesor de capa esperado	85-100mm			
Dureza esperada	237 HV - 20HRC			
Protección contra la corrosión esperada (marcar):	Reg.	B.	M.B.	Exc.
¿Se puede detener el proceso y continuar en otro momento?		SI	NO	Parcial
Listar las etapas, insumo interviniente, duración y temperatura de trabajo de cada etapa del proceso.				
Etapas del proceso	Insumo o subproducto interviniente	Duración [Minutos]	Temperaturas [°C]	
Ingreso y depósito de Piezas	---	---	---	
Clasificación y Colgado	Alambre	---	---	
Desengrase	Acido Fosfórico 90%, tensioactivos y biodegradables	15	40	
Decapado	Acido Clorhídrico 4% al 50%	45	Ambiente	
Enjuague Frio	Agua (de circuito cerrado)	inmediato	Ambiente	
Sal Flux	Cloruro de Zinc/Cloruro de Amonio	0 a 7	40	
Baño de Zinc	Zinc al 98% - Aluminio 0,07%	3 a 5	450°C	
Enfriamiento en Agua o Aire	Agua o Aire (según corresponda)	0 a 15	Aire Ambiente - agua 80°C	
Descarga y Clasificación	---	---	---	
Sector Expedición	---	---	---	
Flujograma				
Observaciones				

Insumos y MP del proceso analizado					
			SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo, la cantidad y el costo de los insumos?			X		
¿Existe un stock de insumos permanente?			X		
Observaciones					
Listar MP e insumos - Características					
MP e Insumos	Uso o aplicación	Estado [S-L-G]	Tipo de Embase	Consumo Mensual (por unidad de material tratado)	
Acido Fosfórico 90%, tensioactivos y biodegradables	Desengrase	L	Sachet plastico	1kg/tnG	
Acido Clorhidrico 4% al 50%	Decapado	L	Grael	20kg/tnG	
Cloruro de Zinc/Cloruro de Amonio	Fluxado	S	Bolsa x 25kg	0,8kg/tnG	
Zinc	Galvanizado	S	Lingote x 25kg	24,000kg/tnG	
Aluminio	Galvanizado	S	Alambre	0,03kg/tnG	
Gas Natural	Horno de Zinc	G	Red	38 a 50m3/tnG	
Observaciones					
Insumo particularmente importante: Agua					
			SI	NO	PARCIAL
¿Se utiliza agua de red o pozo en alguna parte del proceso?					X
Observaciones		El agua de los baños proviene de un circuito cerrado que es tratada en una planta de tratamiento, solo se adiciona el agua evaporada en los diferentes baños.			
Listar uso de agua					
Uso de agua	Etapas	Estado [S-L-G]	Consumo (por unidad de material tratado)	Requiere Tratam. SI/NO	
Baño desengrasante	Desengrase	L	S/D	SI	
Baño decapante	Decapado	L	S/D	SI	
Enjuague	Enjuague frío	L	S/D	SI	
Enfriamiento	Enfriamiento	L	S/D	SI	
Observaciones					
Residuos del proceso analizado					
			SI	NO	PARCIAL
¿Se documenta el tipo de residuos o efluentes generados?			X		
¿Se documenta la cantidad de residuos o efluentes generados?			X		
¿Se clasifican los diferentes residuos o efluentes generados?			X		
¿Existe un área de almacenamiento especial para los residuos peligrosos?			X		
¿Se puede lograr algún subproducto vendible con los residuos de proceso?			X		
Observaciones					
Listar los residuos, lugar de generación, estado de agregación, cantidad, necesidad de almacenamiento especial y posibilidad de subproducto vendible.					
Residuos	Lugar de generación	Estado [S-L-G]	Cantidad (por unidad de material tratado)	Subprod Vendible?	
Barro de desengrase	Desengrase	S	0,42kg/tnG	NO	
Decapante agotado	Decapado	L	20kg/tnG	SI	
Vapores de Acido Clorhidrico	Decapado	G	despreciable	NO	
Enjuague saturado	Enjuague frío	L	Equiv. al Evaporado	NO	
Barros planta tratamiento	Planta de tratamiento	S	0,024kg/tnG	SI	
Matas de Zinc (Oxido de Zinc)	Galvanizado	S	6kg/tnG	SI	
Ceniza de Zinc	Galvanizado	S		SI	
Salpicaduras de zinc	Galvanizado	S		SI	
Observaciones		Los barros de desengrase son considerados residuos peligrosos y retirados por un gestor. Los insumos utilizados hacen que dichos barros sean biodegradables, pero este criterio no está aceptado por el organismo de control. El decapante se agota por la presencia excesiva de hierro, una vez agotado e baño se entrega a plantas de fabricación de cloruro férrico. Los vapores del baño decapante se generan en escasas cantidades debido al uso de inhibidores, debido a que el baño se encuentra a temperatura ambiente. El enjuague saturado es tratado en la planta de tratamiento interna de la planta donde sedimentan barros y al agua es reutilizada nuevamente en el proceso. De las cenizas de Zinc se extrae una parte del Zinc realizando un tratamiento con temperatura y se vuelve a verter en el horno, el oxido de Zinc, junto con las matas y salpicaduras barridas se venden para la fabricación de oxido de Zinc comercial.			

Flujos de Energía del proceso analizado				
¿La maquinaria que interviene en el proceso permite un arranque rápido?		SI	NO	PARCIAL
¿Qué cantidad de E. Eléctrica se consume por unidad de material tratado?		S/D - Equivalente de gas: 50m ³ x 10,5kWh/m ³ = 525kWh/tmG		
¿Se intentó reducir la cantidad de E. Eléctrica consumida satisfactoriamente?		X		
¿Existen etapas del proceso generadoras de niveles elevados de ruidos?			X	
¿Dichos ruidos son permanentes?			X	
Detallar etapas				
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de vibraciones?				X
¿Dichas vibraciones son permanentes?			X	
Detallar etapas		Centrifugado, transito de camiones de gran porte y accionamiento de puente grúa		
¿Existen etapas generadoras de niveles elevados de carga térmica?				X
¿Dicha carga térmica es permanente?				X
Detallar etapas		Horno de Zinc (la carga termica está dentro de parámetros permitidos por la ley)		
Observaciones				
Capacidad técnica necesaria para el proceso analizado				
Cantidad de personal necesario		44 personas para procesar los 400tn/mes		
Calificación necesaria		Operario básico instruido en el proceso.		
Formación mandos medios		Terciario o superior instruido en el proceso.		
Formación personal jerárquico		Licenciado o ingeniero instruido en el proceso.		
Observaciones		Requiere de una metodología de fabricación de las piezas a galvanizar específica, donde se dejan perforaciones para que entre y salga el zinc, es decir que se galvaniza tanto por fuera como por dentro.		
Infraestructura y máquinas necesarias para el proceso analizado				
Listar la infraestructura o máquina necesaria, uso, características generales y tamaño.				
Infraestructura /Máquina /Inst Auxiliares	Características generales	Uso / Aplicación	Tamaño aprox.	Obs.
Nave industrial	Piso cemento alisado antideslizante, techo de chapa senoidal, paredes de mampostería	Nave industrial	2000m ²	
Puente grúa	8 Puente grúa y 3 monoriel	Movimiento de material	---	
Cuba desengrase	S/D	Baño desengrase	8x1,1x2m	
Cuba decapado	S/D	Baño decapado	7x1,2x2m	
Cuba enjuague frio	S/D	Enjuague	7x1x2m	
Cuba sal flux	Calentado por gases de horno	Fluxado	7x1x2m	
Horno de Zinc	Calentado por 6 quemadores	Galvanizado	7,5x1,1x2m	
Termotanque	Desengrase	Calentamiento de agua	S/D	
Observaciones				
Valor final del proceso analizado				
Listar el material a tratar, dimensiones generales, peso estimado y valor estimado.				
Material	Dimensiones generales y características	Peso	Costo (por unidad de material)	Unidad
Estructuras o piezas de caño	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba	Variado	21	\$/kg
Estructuras o piezas de perfiles maciza	Cualquier dimensión menor al tamaño de la cuba	Variado	19	\$/kg
Observaciones				

ANEXO 2

ANÁLISIS DE ENTORNOS AMBIENTALES

A.2.1. Ionar S.A. – Nitrocarburation iónica

A continuación se muestra el análisis de cada entorno ambiental.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	3	1	3	1	2	10	2
EA1b-N	4	1	2	1	2	8	2
EA1c-N	2	1	3	1	2	10	2
EA1d-N	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-N	2	1	3	1	2	10	2
EA2b-N	2	1	2	1	2	8	2
EA2c-N	1	1	2	1	2	8	2
EA3a-N	1	2	2	1	2	9	2
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	1	2	1	2	8	2
EA4a-N	3	2	2	2	2	10	2
EA5a-N	3	2	2	2	2	10	2
EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1
EA6a-N	3	2	3	1	2	11	3

Tabla 67: Ponderación de EA sobre el entorno natural para la nitrocarburation iónica

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	3	1	2	1	1	7	1
EA1b-H	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-H	2	1	2	1	1	7	1
EA1d-H	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-H	2	1	1	1	1	5	3
EA2b-H	2	1	3	1	1	9	2
EA2c-H	1	1	3	1	1	9	2
EA3a-H	1	2	3	1	1	10	2
EA3b-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-H	3	2	2	2	1	9	2
EA5a-H	3	2	1	2	1	7	1
EA5b-H	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-H	3	2	2	1	1	8	2

Tabla 68: Ponderación de EA sobre el entorno humano para la nitrocarburación iónica

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	3	1	2	1	1	7	1
EA1b-S	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-S	2	1	2	1	1	7	1
EA1d-S	2	2	3	2	2	12	3
EA2a-S	2	1	1	1	1	5	1
EA2b-S	2	1	1	1	1	5	1
EA2c-S	1	1	3	1	1	9	2
EA3a-S	1	2	2	1	1	8	2
EA3b-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-S	3	2	2	2	2	10	2
EA5a-S	3	2	2	2	1	9	2
EA5b-S	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-S	3	2	3	1	3	12	3

Tabla 69: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para la nitrocarburación iónica

A.2.2. Sudosilo S.A. – PVD

A continuación se muestra el análisis de cada entorno ambiental.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	3	1	1	1	2	6	1
EA1b-N	4	1	1	1	2	6	1
EA1c-N	2	1	1	1	2	6	1
EA1d-N	2	1	1	1	2	6	1
EA2a-N	2	1	1	1	2	6	1
EA2b-N	2	1	2	1	2	8	2
EA2c-N	1	1	1	1	2	6	1
EA3a-N	1	3	2	1	2	10	2
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	1	2	1	2	8	2
EA4a-N	3	2	2	1	2	9	2
EA5a-N	3	1	1	1	2	6	1
EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1
EA6a-N	3	2	2	1	2	9	2

Tabla 70: Ponderación de EA sobre el entorno natural para el PVD

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	3	1	1	1	1	5	1
EA1b-H	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA1d-H	2	1	1	1	1	5	1
EA2a-H	2	1	1	1	1	5	1
EA2b-H	2	1	2	1	1	7	1
EA2c-H	1	1	1	1	1	5	1
EA3a-H	1	3	2	1	1	9	2
EA3b-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-H	3	2	1	1	1	6	1
EA5a-H	3	1	1	1	1	5	1
EA5b-H	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-H	3	2	2	1	1	8	2

Tabla 71: Ponderación de EA sobre el entorno humano para el PVD

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	3	1	1	1	1	5	1
EA1b-S	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA1d-S	2	1	2	2	2	9	2
EA2a-S	2	1	1	1	1	5	1
EA2b-S	2	1	1	1	1	5	1
EA2c-S	1	1	1	1	1	5	1
EA3a-S	1	3	1	1	1	7	1
EA3b-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-S	3	2	1	2	2	8	2
EA5a-S	3	1	1	2	1	6	1
EA5b-S	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-S	3	2	2	1	3	10	2

Tabla 72: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para el PVD

A.2.3. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración Tenifer + QPQ

A continuación se muestra el análisis de cada entorno ambiental.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	4	4	4	1	2	15	4
EA1b-N	4	1	3	1	2	10	2
EA1c-N	3	2	3	1	2	11	2
EA1d-N	2	4	3	2	2	14	3
EA2a-N	3	4	3	1	2	13	3
EA2b-N	3	2	2	1	2	9	2
EA2c-N	3	3	3	1	2	12	3
EA3a-N	2	2	2	1	2	9	2
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	2	2	1	2	9	2
EA4a-N	2	4	3	2	2	14	3
EA5a-N	2	3	2	2	2	11	3
EA5b-N	3	3	2	1	2	10	2
EA6a-N	3	3	3	1	2	12	3

Tabla 73: Ponderación de EA sobre el entorno natural para la nitruración Tenifer + QPQ

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	4	4	3	1	1	12	3
EA1b-H	4	1	3	1	1	9	2
EA1c-H	3	2	2	1	1	8	2
EA1d-H	2	4	3	2	2	14	3
EA2a-H	3	4	2	1	1	12	3
EA2b-H	3	2	2	1	1	8	2
EA2c-H	3	3	3	1	1	11	3
EA3a-H	2	2	1	1	1	6	1
EA3b-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-H	2	2	1	1	1	6	1
EA4a-H	3	4	2	2	2	12	3
EA5a-H	2	3	2	2	1	10	2
EA5b-H	3	3	1	1	1	7	1
EA6a-H	3	3	3	1	2	12	3

Tabla 74: Ponderación de EA sobre el entorno humano para la nitruración Tenifer + QPQ

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	4	4	1	1	1	8	2
EA1b-S	4	1	1	1	1	5	1
EA1c-S	3	2	1	1	1	6	1
EA1d-S	2	4	3	2	3	15	4
EA2a-S	3	4	1	1	1	8	2
EA2b-S	3	2	1	1	1	6	1
EA2c-S	3	3	3	1	2	12	3
EA3a-S	2	2	2	1	2	9	2
EA3b-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-S	2	2	1	1	1	6	1
EA4a-S	3	4	3	2	3	15	4
EA5a-S	2	3	1	2	1	8	2
EA5b-S	3	3	2	1	2	10	2
EA6a-S	3	3	3	1	3	13	3

Tabla 75: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para la nitruración Tenifer + QPQ

A.2.4. Sulfinuz Argentina S.A.I.C. – Nitruración gaseosa

A continuación se muestra el análisis de cada entorno ambiental.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	4	4	3	1	2	13	3
EA1b-N	3	3	3	1	2	12	3
EA1c-N	3	2	3	1	2	11	3
EA1d-N	3	4	3	2	2	14	3
EA2a-N	2	4	3	1	2	13	3
EA2b-N	3	2	2	1	2	9	2
EA2c-N	2	1	1	1	2	6	1
EA3a-N	2	2	2	1	2	9	2
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	1	1	1	2	6	1
EA4a-N	3	2	1	2	2	8	2
EA5a-N	2	3	2	2	2	11	3
EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1
EA6a-N	3	2	3	2	2	12	3

Tabla 76: Ponderación de EA sobre el entorno natural para la nitruración gaseosa

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	4	4	3	1	1	12	3
EA1b-H	3	3	2	1	1	9	2
EA1c-H	3	2	3	1	1	10	2
EA1d-H	3	4	3	2	2	14	3
EA2a-H	2	4	3	1	1	12	3
EA2b-H	3	2	2	1	1	8	2
EA2c-H	2	1	3	1	1	9	2
EA3a-H	2	2	2	1	1	8	2
EA3b-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-H	3	2	2	2	1	9	2
EA5a-H	2	3	1	2	1	8	2
EA5b-H	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-H	3	2	2	2	1	9	2

Tabla 77: Ponderación de EA sobre el entorno humano para la nitruración gaseosa

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	4	4	2	1	2	11	3
EA1b-S	3	3	3	1	3	13	3
EA1c-S	3	2	2	1	2	9	2
EA1d-S	3	4	3	2	3	15	4
EA2a-S	2	4	2	1	1	10	2
EA2b-S	3	2	1	1	1	6	1
EA2c-S	2	1	3	1	3	11	3
EA3a-S	2	2	2	1	1	8	2
EA3b-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-S	3	2	2	2	2	10	2
EA5a-S	2	3	2	2	1	10	2
EA5b-S	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-S	3	2	3	2	3	13	3

Tabla 78: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para la nitruración gaseosa

A.2.5. Anónimo – Carbonitruración gaseosa

A continuación se muestra el análisis de cada entorno ambiental.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	4	2	2	1	2	9	2
EA1b-N	3	2	2	1	2	9	2
EA1c-N	3	2	2	1	2	9	2
EA1d-N	3	3	3	2	2	13	3
EA2a-N	2	3	2	1	2	10	2
EA2b-N	2	2	1	1	2	7	1
EA2c-N	2	1	1	1	2	6	1
EA3a-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3b-N	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-N	2	1	1	1	2	6	1
EA4a-N	3	2	1	2	2	8	2
EA5a-N	2	3	2	2	2	11	2
EA5b-N	3	1	1	1	2	6	1
EA6a-N	3	2	2	2	2	10	2

Tabla 79: Ponderación de EA sobre el entorno natural para la carbonitruración gaseosa

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	4	2	2	1	1	8	2
EA1b-H	3	2	2	1	1	8	2
EA1c-H	3	2	2	1	1	8	2
EA1d-H	3	3	3	2	2	13	3
EA2a-H	2	3	2	1	1	9	2
EA2b-H	2	2	1	1	1	6	1
EA2c-H	2	1	2	1	1	7	1
EA3a-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3b-H	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-H	3	2	2	2	1	9	2
EA5a-H	2	3	1	2	1	8	2
EA5b-H	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-H	3	2	2	2	1	9	2

Tabla 80: Ponderación de EA sobre el entorno humano para la carbonitruración gaseosa

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	4	2	2	1	2	9	2
EA1b-S	3	2	2	1	3	10	3
EA1c-S	3	2	2	1	2	9	2
EA1d-S	3	3	3	2	3	14	3
EA2a-S	2	3	1	1	1	7	1
EA2b-S	2	2	1	1	2	7	1
EA2c-S	2	1	1	1	3	7	1
EA3a-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3b-S	0	0	0	0	0	0	0
EA3c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-S	3	2	1	2	2	8	2
EA5a-S	2	3	2	2	1	10	2
EA5b-S	3	1	1	1	1	5	1
EA6a-S	3	2	3	2	3	13	3

Tabla 81: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para la carbonitruración gaseosa

A.2.6. Galvasa S.A. – Galvanización en caliente

A continuación se muestra el análisis de cada entorno ambiental.

Sobre el entorno natural							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor final
EA1a-N	3	3	2	1	2	10	2
EA1b-N	3	2	2	1	2	9	2
EA1c-N	3	1	2	1	2	8	2
EA1d-N	2	4	3	2	2	14	3
EA2a-N	2	3	1	1	2	8	2
EA2b-N	3	4	2	1	2	11	3
EA2c-N	2	3	3	1	2	12	3
EA3a-N	2	3	2	1	2	10	2
EA3b-N	2	3	1	1	2	8	2
EA3c-N	2	1	1	1	2	6	1
EA4a-N	2	4	3	2	2	14	3
EA5a-N	2	3	2	2	2	11	3
EA5b-N	3	3	2	1	2	10	2
EA6a-N	3	4	3	1	2	13	3

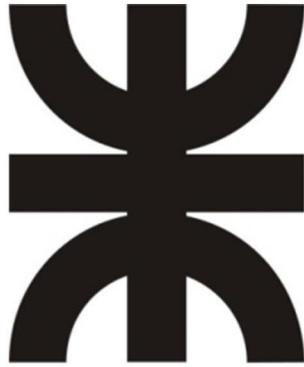
Tabla 82: Ponderación de EA sobre el entorno natural para el galvanizado en caliente

Sobre el entorno humano							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada	Gravedad	Valor final
EA1a-H	3	3	3	1	1	11	3
EA1b-H	3	2	3	1	1	10	2
EA1c-H	3	1	2	1	1	7	1
EA1d-H	2	4	3	2	2	14	3
EA2a-H	2	3	3	1	1	11	3
EA2b-H	3	4	3	1	1	12	3
EA2c-H	2	3	3	1	1	11	3
EA3a-H	2	3	1	1	1	7	1
EA3b-H	2	3	1	1	1	7	1
EA3c-H	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-H	2	4	3	1	2	13	3
EA5a-H	2	3	1	2	1	8	2
EA5b-H	3	3	1	1	1	7	1
EA6a-H	3	4	2	1	2	11	3

Tabla 83: Ponderación de EA sobre el entorno humano para el galvanizado en caliente

Sobre el entorno socioeconómico							
	Probabilidad	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo	Gravedad	Valor final
EA1a-S	3	3	1	1	1	7	1
EA1b-S	3	2	1	1	1	6	1
EA1c-S	3	1	1	1	1	5	1
EA1d-S	2	4	3	2	3	15	4
EA2a-S	2	3	1	1	1	7	1
EA2b-S	3	4	2	1	1	10	2
EA2c-S	2	3	2	1	2	10	2
EA3a-S	2	3	2	1	1	9	2
EA3b-S	2	3	1	1	1	7	1
EA3c-S	2	1	1	1	1	5	1
EA4a-S	2	4	3	2	3	15	4
EA5a-S	2	3	2	2	1	10	2
EA5b-S	3	3	1	1	1	7	1
EA6a-S	3	4	3	1	3	14	3

Tabla 84: Ponderación de EA sobre el entorno socioeconómico para el galvanizado en caliente



Se desarrolla una investigación descriptiva, teniendo como alcance las técnicas de tratamiento superficial para aceros de uso industrial, definiendo dos grupos, las técnicas convencionales y las técnicas innovadoras, con el propósito de promover y estimular el pasaje de las técnicas convencionales a las innovadoras, ampliando el campo del conocimiento y estableciendo criterios integrales de selección basados en aspectos ambientales, técnicos y económicos.

Se utiliza una planilla de auditoría ambiental para el relevamiento de información en empresas que comercializan tratamientos superficiales. La zona estudiada comprende las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba.

Se analizan los datos relevados sometidos a un análisis de riesgo ambiental que considera 14 escenarios ambientales, los cuales involucran diferentes situaciones que podrían ocurrir, ponderando el riesgo en los entornos natural, humano y socioeconómico.

Los resultados revelan que las técnicas analizadas, no poseen un nivel importante de riesgo ambiental. Además, se verifica que las técnicas innovadoras, son ambientalmente más amigables.