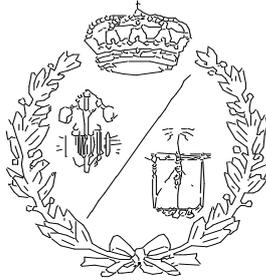


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA
METODOLOGÍA PARA EVALUAR PROBLEMAS
DE CORROSIÓN EN UNA EMPRESA
(PROPOSAL FOR METHODOLOGY'S
IMPLEMENTATION TO EVALUATE CORROSION
PROBLEMS IN A COMPANY)**

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERIA INDUSTRIAL**

Autor: Carlos Pérez Sainz

Directora: María Victoria Biezma Moraleda

Codirector: Alfonso Fernández del Rincón

Julio 2020

TÍTULO	Propuesta de implementación de una metodología para evaluar problemas de corrosión en una empresa		
AUTOR	Carlos Pérez Sainz		
DIRECTORES/PONENTE	María Victoria Biezma Moraleda Alfonso Fernández del Rincón		
TITULACIÓN	Máster Universitario en Ingeniería Industrial	FECHA	9 Julio 2020

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas las empresas que generosamente han colaborado respondiendo al cuestionario y haciendo viable este estudio.

Gracias también, a mis tutores por su atención, implicación, interés y compromiso a lo largo de todo el Proyecto.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.2.1. Justificación económica.....	5
1.2.2. Justificación de productividad.....	8
1.2.3. Justificación de seguridad	8
1.2.4. Justificación medioambiental.....	9
1.2.5. Justificación de la imagen de la empresa	10
1.2.6. Transcendencia	11
1.2.7. Corrosión a nuestro alrededor	13
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	18
2.1. Definición de la corrosión.....	18
2.2. Historia.....	19
2.3. Instituciones	21
2.4. Accidentes.....	25
2.4.1. San Juanico, México (noviembre de 1984).....	26
2.4.2. Qingdao, China (noviembre de 2013).....	27
2.4.3. Kaohsiung, Taiwán (Julio 2014)	28
2.5. Estudios económicos previos.....	30
2.5.1. El método Uhlig	30
2.5.2. El método Hoar.....	31
2.5.3. NBS BATTELLE	31
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	33
3.1. Método de obtención de información	34

3.2. Participantes en el estudio	35
3.2.1. Organizaciones públicas.....	36
3.2.2. Organizaciones privadas	39
3.3. Encuesta	44
3.3.1. Estructura y preguntas.....	45
3.3.2. Presentación.....	45
3.3.3. Conociendo al participante	46
3.3.4. Concienciación de la empresa.....	48
3.3.5. Actitud frente a la corrosión	50
3.4. Análisis de datos	55
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	
OBTENIDOS	56
4.1. Análisis general.....	56
4.3. Análisis Privada vs Pública	60
4.3.1. Concienciación y conocimiento	61
4.3.2 Seguimiento de los problemas y costes	62
4.3.3 Actuación ante la corrosión en productos.....	64
4.4. Comparativa entre sectores	67
4.4.1. Concienciación y conocimiento	67
4.4.2 Seguimiento de los problemas y costes	68
4.4.3. Actuación frente a la corrosión en productos.....	70
4.5. Comentarios.....	71
CAPITULO 5. PROTOCOLO DE IMPLATACIÓN	
80	
5.1. Apoyo de la Alta dirección.....	81
5.2. Estudio del punto de partida de la empresa	81

5.3. Concienciación y formación de la plantilla	86
5.4. Reestructuración de la plantilla	86
5.4. Documentación	88
5.5. Implementación.....	106
5.5.1. Prioridad elevada.....	107
5.5.2. Prioridad moderada	110
5.5.3. Prioridad baja	112
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	115
6.1. Conclusiones generales	115
6.2. Conclusiones particulares	117
5.3. Conclusiones sobre la implantación de la metodología	119
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS.....	121
Anexo 1: Gráficas del Sector Privado y Público.....	128
Anexo 2: Gráficas del Sector de la Producción y Manufactura	143
Anexo 3: Gráficas del Sector de Servicios	153
Anexo 4: Gráficas del Sector de Infraestructuras.....	163
Anexo 5: Gráficas del Sector de Generación de Energía.....	173
Anexo 6: Gráficas del Sector de Logística y Transporte.	183
Anexo 7: Factura de compra de un tanque de etanol	192
Anexo7: Catálogo enviado por los proveedores a la empresa	194

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Producción anual de acero crudo en millones de toneladas. [2]	2
Figura 2. Tuberías de una plataforma offshore con problemas de corrosión. [3]	3
Figura 3. Frente de vehículo con problemas de corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	4
Figura 4. Base de camión grúa con problemas de corrosión. <i>(Elaboración propia)</i> ...	4
Figura 5. Intercambiador de calor y detalle donde se aprecia la disminución de la sección interior de uno de los tubos de intercambio. [5].....	5
Figura 6. Gráfico con los costes que implica la corrosión en la economía de los EE. UU. [6].....	6
Figura 7. Esquema con las consecuencias que tiene una fuga en diversas condiciones. [18]	10
Figura 8. Esquema resumen de las justificaciones. <i>(Elaboración propia)</i>	12
Figura 9. Señal de tráfico con visibles problemas de corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	13
Figura 10. Poste de luz con problemas de corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	14
Figura 11. Fachada de un restaurante con problemas de corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	14
Figura 12. Barandilla gravemente afecta por corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	15
Figura 13. Voladizo de un contenedor de basura con problemas de corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	15
Figura 14. Derrumbe del techo de un aparcamiento en Santander. [19].....	17
Figura 15. Cronograma de los principales hitos de la historia de la corrosión. <i>(Elaboración propia)</i>	20
Figura 16. Mapa del continente europeo con los miembros de la EFC. <i>(Elaboración propia)</i>	22
Figura 17. Mapamundi con los países miembros del ICC. <i>(Elaboración propia)</i>	23

Figura 18. Mapamundi con las bases de datos de cada una de las regiones. [16]..	26
Figura 19. Los tanques en llamas. [38]	27
Figura 20. Imagen después de la explosión. [39].....	27
Figura 21. Zona afectada por la explosión, se puede ver un camión boca abajo. [40]	28
Figura 22. Imagen durante la explosión en Kaohsiung, Taiwán. [43].....	29
Figura 23. Imagen posterior a la explosión Kaohsiung, Taiwán. [43]	29
Figura 24. Diagrama circular con el peso en la muestra de las organizaciones privadas y públicas. <i>(Elaboración propia)</i>	36
Figura 25. Mapa de España de velocidad de corrosión anual de zinc ($\mu\text{m}/\text{año}$). [45]	37
Figura 26. Empresas públicas clasificadas por sector. <i>(Elaboración propia)</i>	37
Figura 27. Participación de los departamentos de Universidad. <i>(Elaboración propia)</i>	38
Figura 28. Gráfico resumen con los participantes públicos en la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	38
Figura 29. Gráfico resumen las empresas privadas organizadas por sectores. <i>(Elaboración propia)</i>	39
Figura 30. Gráfico que muestra el número porcentual de participación por colegio. <i>(Elaboración propia)</i>	41
Figura 31. Gráfico del peso de las organizaciones privadas. <i>(Elaboración propia)</i> ..	42
Figura 32. Distribución en porcentajes de cada uno de los sectores en el ámbito privado. <i>(Elaboración propia)</i>	42
Figura 33. Gráfico resumen de los participantes en la encuesta por sector. <i>(Elaboración propia)</i>	44
Figura 34. 1ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración Propia)</i>	46
Figura 35. 2ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	47

Figura 36. 3ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	47
Figura 37. 4ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	47
Figura 38. 5ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	48
Figura 39. 6ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	48
Figura 40. 7ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	49
Figura 41. 8ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	49
Figura 42. 9ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	49
Figura 43. Esquema explicativo de la lógica entre las preguntas 10,11, 12 y 13. <i>(Elaboración propia)</i>	50
Figura 44. 10ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	51
Figura 45. 11ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	51
Figura 46. 12ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	52
Figura 47. 13ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	52
Figura 48. 14ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	53
Figura 49. 15ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	53
Figura 50. 16ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	54
Figura 51. 17ª pregunta de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	54
Figura 52. Extracto de la pregunta 1 y 2 de la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	57
Figura 53. Cronología de la recepción de respuestas. <i>(Elaboración propia)</i>	58
Figura 54. Porcentaje de participación de organizaciones públicas y privadas respecto del total de la muestra. <i>(Elaboración propia)</i>	59
Figura 55. Porcentaje de participantes por puesto de responsabilidad. <i>(Elaboración propia)</i>	59
Figura 56. Peso de los sectores en la muestra de estudio. <i>(Elaboración propia)</i>	60

Figura 57. Comparativa de la participación por puestos de responsabilidad en el sector Público y Privado. <i>(Elaboración propia)</i>	61
Figura 58. Gráficas del sector privado. <i>(Elaboración propia)</i>	65
Figura 59. Gráficas del sector público. <i>(Elaboración propia)</i>	66
Figura 60. Gráfica sobre las temáticas de los comentarios aportados por los participantes en la encuesta. <i>(Elaboración propia)</i>	74
Figura 61. Gráficas del sector de la Producción y Manufactura. <i>(Elaboración propia)</i>	75
Figura 62. Gráficas del sector de Servicios. <i>(Elaboración propia)</i>	76
Figura 63. Gráficas del sector de Infraestructuras. <i>(Elaboración propia)</i>	77
Figura 64. Gráficas del sector de Generación de Energía. <i>(Elaboración propia)</i>	78
Figura 65. Gráficas del sector de Logística y Transporte. <i>(Elaboración propia)</i>	79
Figura 66. Esquema de los elementos que componen del Estudio Inicial. <i>(Elaboración propia)</i>	85
Figura 67. Formato tipo del documento: Ficha de Elemento. <i>(Elaboración propia)</i> ..	91
Figura 68. Ejemplo de una Ficha de Elemento rellena. <i>(Elaboración propia)</i>	92
Figura 69. Formato tipo del documento: Informe Técnico y Económico de Incidencias. <i>(Elaboración propia)</i>	95
Figura 70. Formato tipo del documento: Informe Técnico y Económico de Sustitución. <i>(Elaboración propia)</i>	98
Figura 71. Formato tipo del documento: Informe Técnico y Económico de Reparación. <i>(Elaboración propia)</i>	101
Figura 72. Formato tipo del documento: Informe Favorable. <i>(Elaboración propia)</i>	104
Figura 73. Ejemplo relleno de Informe Favorable. <i>(Elaboración propia)</i>	105
Figura 74. Árbol de decisión del caso: Prioridad Elevada y Estado de Corrosión Avanzado. <i>(Elaboración propia)</i>	108

Figura 75. Árbol de decisión del caso: Prioridad Elevada y Estado de Corrosión Moderado. (<i>Elaboración propia</i>).....	109
Figura 76. Árbol de decisión del caso: Prioridad Moderada y Estado de Corrosión Avanzado. (<i>Elaboración propia</i>).....	111
Figura 77. Árbol de decisión del caso: Prioridad Moderada y Estado de Corrosión Moderado. (<i>Elaboración propia</i>).....	112
Figura 78. Árbol de decisión del caso: Prioridad Baja y Estado de Corrosión Avanzado/Moderado. (<i>Elaboración propia</i>).....	113
Figura 79. Esquema de la metodología propuesta en el Proyecto como ejemplo para implementar en una empresa de tipo Petroquímica. (<i>Elaboración propia</i>).....	114

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Asociaciones nacionales de corrosión. (<i>Elaboración propia</i>)	24
Tabla 2. Tabla detalle de los participantes clasificados por sector. (<i>Elaboración propia</i>)	43
Tabla 3. Información necesaria para el documento Ficha de Elemento. (<i>Elaboración propia</i>).....	90
Tabla 4. Información necesaria para el Informe Técnico y Económico de Incidencias. (<i>Elaboración propia</i>).....	94
Tabla 5. Información necesaria para el Informe Técnico y Económico de Sustitución. (<i>Elaboración propia</i>).....	97
Tabla 6. Información necesaria para el Informe Técnico y Económico de Reparación. (<i>Elaboración propia</i>).....	100
Tabla 7. Información necesaria para el Informe Favorable. (<i>Elaboración propia</i>)..	103

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

1.1. OBJETIVOS

El Proyecto Fin de Máster se centra en el tema de la corrosión de los materiales y persigue un triple objetivo, por un lado, obtener una imagen clara de la concienciación y conocimientos que sobre este tema tienen los trabajadores y la Alta Dirección de administraciones y empresas tanto nacionales como internacionales, del ámbito público o privado como de los diferentes sectores (Producción y Manufactura, Servicios, Transporte y Logística, Infraestructuras y Generación de Energía). Para ello se elabora un cuestionario y posteriormente se analizan las respuestas.

El segundo objetivo, teniendo en cuenta las conclusiones extraídas de los cuestionarios, persigue proponer una metodología actuación frente a la corrosión para una empresa del Sector de la Producción y Manufactura, más concretamente del sector Petroquímico.

El tercer y último objetivo del Proyecto pretende ofrecer una visión sobre el impacto no sólo económico, tanto directo como indirecto, que puede llegar a tener el establecimiento de unos protocolos de actuación sobre el fenómeno de la corrosión en los materiales, sino también sobre otros tipos de impactos como son los sociales, medioambientales, estéticos, de imagen de la empresa y de seguridad.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Existe un alto grado de concienciación, por parte de las empresas, sobre los problemas y las pérdidas económicas generados por un deficiente diseño mecánico (vibraciones, fatiga, resistencia mecánica, etc.). Sin embargo, la sensibilización sobre el fenómeno de la corrosión, y sus consecuencias, es notablemente inferior respecto a la de las problemáticas anteriormente indicadas.

Se estima que la corrosión es la causante de la destrucción del 25% de la producción mundial de acero [1]. Tomando como referencia este dato, se puede afirmar que, en el año 2018, se destruyeron aproximadamente 14 toneladas de acero por segundo en el mundo [2]. La Figura 1, muestra la producción mundial anual de acero. Se observa que, año tras año, la tendencia es que aumenta la producción de

este material y, por ello, el fenómeno de la corrosión adquiere un protagonismo especial, puesto que el acero es aún, y lo será, el sistema metálico más empleado a nivel mundial. De esta manera se hace imprescindible que las empresas introduzcan protocolos de actuación frente a este fenómeno.

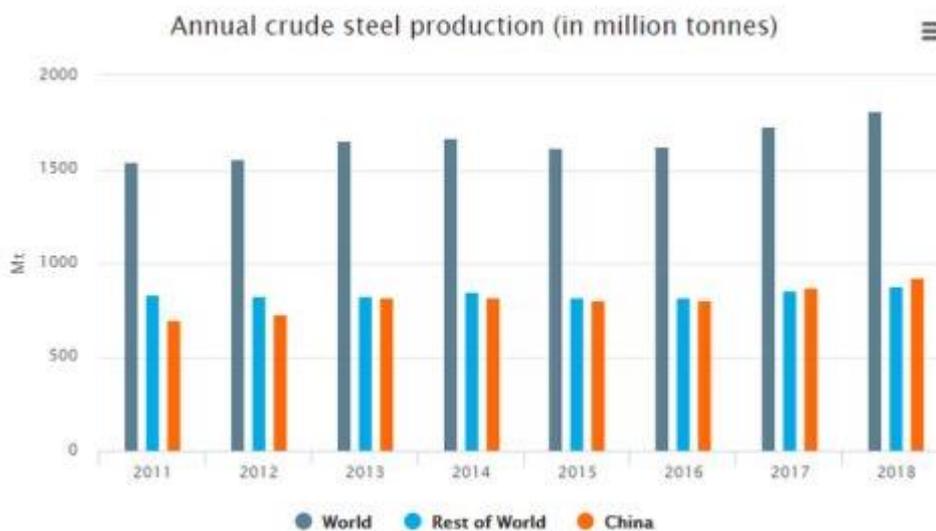


Figura 1. Producción anual de acero crudo en millones de toneladas. [2]

A lo largo del estudio que a continuación se detalla, y que constituye el Trabajo Fin de Máster, TFM, titulado: "*Propuesta de implementación de una metodología para evaluar problemas de corrosión en una empresa*", se va a profundizar en dos aspectos: por un lado, si existen unas pautas y una metodología para evaluar los problemas de corrosión en una empresa y, por otro, cómo la implementación de estas herramientas resulta esencial para mantener los niveles adecuados de productividad, seguridad, viabilidad económica y responsabilidad medioambiental.

La problemática de la corrosión de los materiales podría parecer, a priori, exclusiva de ciertas industrias, como la química, marina o la construcción, pero, realmente afecta, en mayor o menor medida, a todos los sectores industriales, ya que, en su labor diaria, de manera directa o indirecta, es altamente probable que empleen elementos metálicos con potenciales problemas de corrosión. A continuación, se exponen varios ejemplos explicativos.

- El sector petroquímico se ve afectado de manera directa por la corrosión, debido a que su actividad principal de negocio implica el contacto con sustancias altamente corrosivas como son el ácido sulfhídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua y derivados del petróleo. Así mismo, el sector petroquímico también se ve afectado por la corrosión atmosférica.

La Figura 2 muestra las tuberías de una plataforma offshore, donde se pueden apreciar los efectos de la corrosión.



Figura 2. Tuberías de una plataforma offshore con problemas de corrosión. [3]

- El sector de la logística y distribución se ve afectado de manera indirecta debido a que, su actividad principal de negocio no implica a priori, estar en contacto con ambientes altamente corrosivos, pero sus instalaciones y maquinaria sí se ven afectadas por la corrosión atmosférica. Las Figuras 3 y 4, permiten apreciar el deterioro de diferentes partes de un vehículo y una grúa debido a la corrosión atmosférica.



Figura 3. Frente de vehículo con problemas de corrosión. *(Elaboración propia)*



Figura 4. Base de camión grúa con problemas de corrosión. *(Elaboración propia)*

- En el sector de la generación eléctrica, más concretamente en las centrales nucleares, el control de la corrosión adquiere una importancia vital. La aparición de problemas en el reactor, como por ejemplo el agrietamiento por corrosión bajo tensión o la corrosión fatiga, pueden tener consecuencias gravísimas si no se toman las medidas adecuadas a tiempo [4]. Así mismo también se ven afectados por este fenómeno, los intercambiadores de calor, como se aprecia en la Figura 5, haciendo que la sección de paso del agua disminuya y, por lo tanto, la eficiencia y eficacia con la que se transmite el calor.

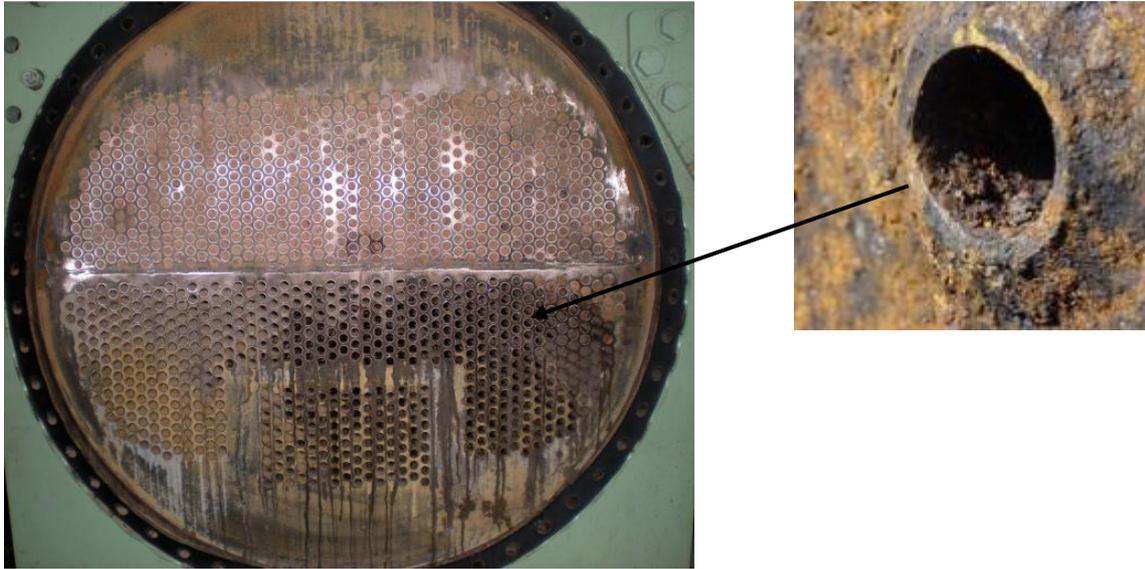


Figura 5. Intercambiador de calor y detalle donde se aprecia la disminución de la sección interior de uno de los tubos de intercambio. [5]

A continuación, se exponen las razones que justifican y motivan la necesidad de una profunda y sólida concienciación del fenómeno de la corrosión, por parte de las empresas e instituciones. El cambio de mentalidad provocará una actitud proactiva frente el problema, y hará que las compañías y sectores públicos y privados implementen unas pautas, protocolos y metodologías eficaces para prevenir y atajar el fenómeno de la corrosión.

1.2.1. Justificación económica

Entre los años 2000 y 2002 la NACE (*National Association of Corrosion Engineers*) realizó un estudio titulado “*Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States*” [6]. El objetivo de este informe consistió en determinar el impacto que los fenómenos de corrosión tenían sobre la economía de los Estados Unidos.

Antes de comentar los resultados obtenidos por el citado informe es importante aclarar que, las pérdidas generadas por el fenómeno de la corrosión se dividen en dos categorías: directas e indirectas.

- Las pérdidas directas son aquellas que están relacionadas con los costes necesarios para reponer o reparar equipos, estructuras, maquinaria o componentes afectados por la corrosión [7-11]. En este tipo de costes también se incluyen acciones como el revestimiento con capas protectoras o el sobrecoste que implica el uso de materiales con mejor comportamiento frente a la corrosión. Son sencillos de calcular y de estimar.
- Las pérdidas indirectas son complejas de estimar y calcular. Las principales causas de este tipo de pérdidas son: las paradas totales o parciales de producción, la pérdida de productividad, las responsabilidades tanto penales como civiles derivadas de los fallos por corrosión o el sobredimensionamiento en el diseño de los componentes [7-11].

El estudio estadounidense “*Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States*” [6] determinó que el coste directo de la corrosión sobre la economía de los Estados Unidos era de 276.000 millones de dólares anuales, es decir, un 3.1% de su Producto Interior Bruto. Así mismo, señaló que esta cifra aumentaba considerablemente si se tenían en cuenta los costes indirectos de la corrosión, en cuyo caso ascendía hasta el 6% del Producto Interior Bruto.

La Figura 6, muestra el desglose de los costes de la corrosión en los 5 sectores principales de la economía estadounidense.

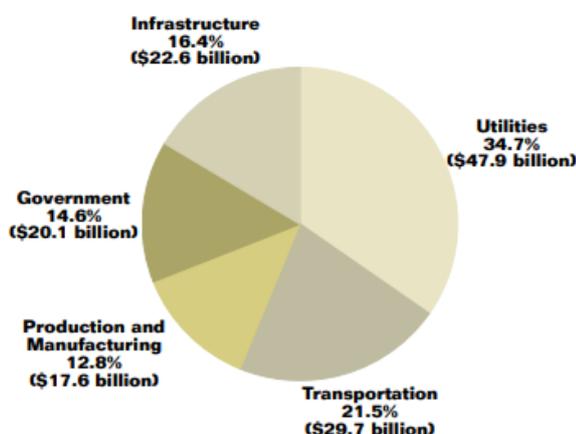


Figura 6. Gráfico con los costes que implica la corrosión en la economía de los EE. UU. [6]

Estas cifras son lo suficientemente elevadas de por sí, como para justificar una mayor inversión en formación, investigación y prevención frente a la corrosión, pero para contextualizar mejor la magnitud del problema, se va a hacer una comparativa entre el coste de la corrosión y el de los desastres naturales (huracanes, inundaciones, fuegos, sequías, etc.), que azotan a los Estados Unidos. Durante los 22 años anteriores al informe que se hace referencia, las pérdidas generadas por estos fenómenos naturales fue de 17.000 millones de dólares anuales. Si se comparan ambas cifras, se observa fácilmente que únicamente los efectos de la corrosión directa son unas 16 veces mayor que la de los desastres naturales.

Se estima que, sistematizando el empleo de unas pautas y metodologías adecuadas, se podrían reducir entre un 25% y un 30% los costes anuales provocados por la corrosión [6]. En un país como España, estos porcentajes podrían suponer un ahorro de entre 320.000 y 370.000 millones de euros anuales [12].

Es importante destacar que, aunque no se tomen medidas para combatir la corrosión, sigue siendo de capital importancia ser consciente de las consecuencias que ésta puede tener sobre las estructuras y los componentes. Si no se desea disminuir el rendimiento de una instalación/empresa, será necesario realizar un mantenimiento o, incluso, la sustitución de estructuras o componentes de las instalaciones de manera periódica e, indudablemente, implicando un desembolso económico. En el supuesto de haber sido consciente del problema, y no haber actuado proactivamente, al menos existirá una partida en los presupuestos anuales que contemple estos gastos.

En el caso de que la empresa no tuviera suficiente sensibilización o información, y no reservará ningún recurso para combatir la corrosión, se encontrará con graves problemas no solo económicos, sino también de producción, seguridad, medioambientales y de imagen de la empresa.

1.2.2. Justificación de productividad

Una empresa que sea consciente de la gravedad del problema de la corrosión y, a su vez, aplique una metodología para mitigar sus efectos, cuenta con numerosas ventajas competitivas respecto a aquellas que no lo hacen.

La primera ventaja se vincula con la concienciación del propio problema, pudiendo actuar antes y mejor frente a la corrosión, aplicando medidas preventivas correctas.

La segunda ventaja se relaciona con la viabilidad de su actividad productiva, pues la empresa tendrá un mejor desempeño a lo largo de los años debido a que problemas derivados de la corrosión, como pueden ser la reducción del diámetro paso de una tubería o el debilitamiento estructural, se habrán combatido de manera efectiva y continuada. El estudio realizado por T. Miroshnikova y N. Taskaeva “*Economic Efficiency of Innovative Materials for Sectors of Economy*”, obtuvo como resultado un aumento en la productividad total de la empresa, incrementándose entre un 10%-15% su eficiencia en la producción [13].

Otra ventaja, tal y cómo se ha indicado en la justificación económica, es la implementación de unas pautas y metodología adecuada para afrontar el problema de la corrosión ya que estas pueden reducir las pérdidas que ocasiona este fenómeno, entre un 25% y 30% [6]. El dinero ahorrado, se podría emplear para conseguir un precio más competitivo del producto, un mayor margen de beneficios o destinarlo a proyectos de I+D+I.

1.2.3. Justificación de seguridad

La corrosión se define como: “*Transformación de una sustancia compleja en otra de estructura más sencilla, produciendo pérdidas en sus propiedades mecánicas de resistencia, lo que da lugar a cambios de geometría de las estructuras y componentes, haciéndoles perder la función para la cual estaban determinadas*” [14]. Así mismo, tomando la normativa ISO 8044 [15] se aprecia que corrosión no significa automáticamente fallo, pues depende de la vida útil del componente seleccionado. Por ello, es necesario tener en cuenta que cualquier elemento susceptible a la

corrosión puede sufrir un deterioro de sus propiedades iniciales, siendo necesario realizar un seguimiento periódico de las mismas.

El deterioro generado por la corrosión puede producir el colapso de una estructura, y provocar un grave accidente o explosión [16]. Por estos motivos, es necesaria la concienciación de los empresarios para que en sus instalaciones implanten pautas y metodologías que combatan la corrosión y sus efectos. A continuación, a modo de ejemplo real, se expone un accidente que hubiese sido evitable, si se hubiesen seguido unas pautas y una metodología para combatir y controlar la corrosión. Este accidente tuvo lugar en Illinois (Estados Unidos) en el año 2009, en una empresa dedicada a la fabricación de cuarzo. Para realizar el proceso de producción del cuarzo, son necesarios dos reactores de grandes dimensiones. Sus paredes tenían un espesor de 20 cm mientras que la tapa era de 40 cm resistir las condiciones extremas que se dan en el interior para generar el cuarzo [17].

Debido a que la empresa no verificó de manera adecuada la integridad estructural de los reactores, no se dio cuenta de que, debido a la corrosión, existía un debilitamiento en sus paredes. La consecuencia de esta falta de mantenimiento y seguimiento causó la explosión de uno de los reactores. El balance del accidente fue un civil muerto, otro gravemente herido y grandes destrozos materiales.

1.2.4. Justificación medioambiental

Las repercusiones medioambientales que genera la corrosión dependen en gran medida del sector al que pertenezca la empresa. Los sectores más críticos son aquellos en los que la corrosión puede generar un vertido de líquido o producción de gases al medioambiente. Estos sectores son típicamente el químico, petroquímico y el nuclear, donde sus instalaciones (tuberías, depósitos, etc.) trabajan con altas sollicitaciones mecánicas de presión y temperatura, junto con ambientes químicos hostiles y altamente corrosivos [16].

La Figura 7, muestra un esquema que refleja las diferentes consecuencias, de gran impacto para la salud y seguridad, que existen cuando se produce la fuga de un elemento peligroso.

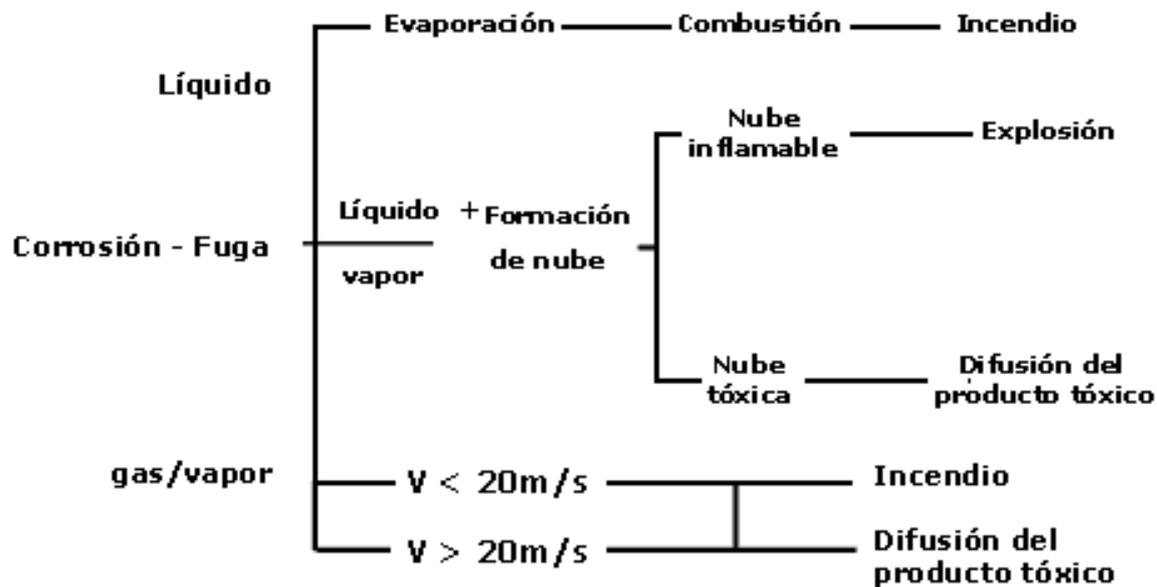


Figura 7. Esquema con las consecuencias que tiene una fuga en diversas condiciones. [18]

Analizando el esquema, se puede apreciar que la aparición de una corrosión no controlada, bajo estas circunstancias, produce efectos dañinos para el medioambiente a nivel local e, incluso, global.

1.2.5. Justificación de la imagen de la empresa

La imagen y reputación de una empresa se pueden ver seriamente dañadas si sufre problemas de corrosión. Estos problemas suelen ser el origen de otros más graves, tales como la disminución en el rendimiento de la producción [13], posibles accidentes [15] o necesidad de una elevada inversión para sustituir los elementos dañados por este fenómeno.

La corrosión no puede ser erradicada, pero sí puede ser controlada. Por ello, cuando una empresa tiene problemas de corrosión, es un claro indicativo de que tiene deficiencias en el mantenimiento, aspecto que, indudablemente, en un futuro, conllevará consecuencias graves para la misma.

Por todo lo expuesto anteriormente, se podría decir, que hoy en día, es imprescindible para una empresa contar unas pautas y metodología que permitan evaluar y actuar eficazmente contra los problemas de corrosión, procedimiento que

deberían conocer todo el personal de la empresa, desde el papel que desempeñe cada uno y en sus márgenes de responsabilidad.

1.2.6. Transcendencia

La implantación de unas pautas y metodologías estandarizadas para evaluar y actuar sobre los problemas de corrosión implicaría un cambio radical en la concienciación de las empresas sobre esta problemática. Las consecuencias directas que, su correcta implantación, supondrían para una empresa, entre otras, son las siguientes:

- Se facilitaría enormemente el intercambio de información y de avances entre las diferentes empresas e industrias, generando sinergias y grupos de estudio con el fin de poder dar una mejor respuesta frente a la corrosión.
- Las averías y accidentes provocados por la corrosión disminuirán de manera significativa, por lo que, no sólo el gasto en reparaciones será menor, sino que se evitarían muchos accidentes y catástrofes que se llevan por delante vidas humanas.
- El rendimiento y la estabilidad de la producción de la empresa mejorarían.
- Los efectos adversos en el medio ambiente, debido a fugas y vertidos, disminuirían significativamente. Aspecto muy beneficioso para el medio ambiente, y para la imagen y las cuentas de la empresa.
- Aumentaría la seguridad de las estructuras e instalaciones de la empresa.
- Se usarían de manera más responsable los recursos naturales, aumentando el ahorro en la compra de estos materiales, y mejoraría la imagen de la empresa por parte de los consumidores.

Es importante destacar que todas las justificaciones anteriormente explicadas tienen el mismo grado de importancia, debido a que existe una enorme relación y dependencia entre ellas.

En la Figura 8, se muestra un esquema, a modo de resumen, de todos los datos y argumentos expuestos anteriormente. Es importante destacar que, sólo se destinarán

los recursos necesarios para poder actuar con garantías frente al fenómeno de la corrosión, si existe una especial preocupación y sensibilización por parte de la empresa. Esta concienciación y la dotación de recursos conllevarán a que las pautas y metodología introducidas por la empresa para hacer frente a la corrosión sean acogidas por los empleados, de manera natural, adecuada y efectiva. Finalmente, todos estos esfuerzos generarán una serie de beneficios, los principales quedan reflejados en la Figura 8.

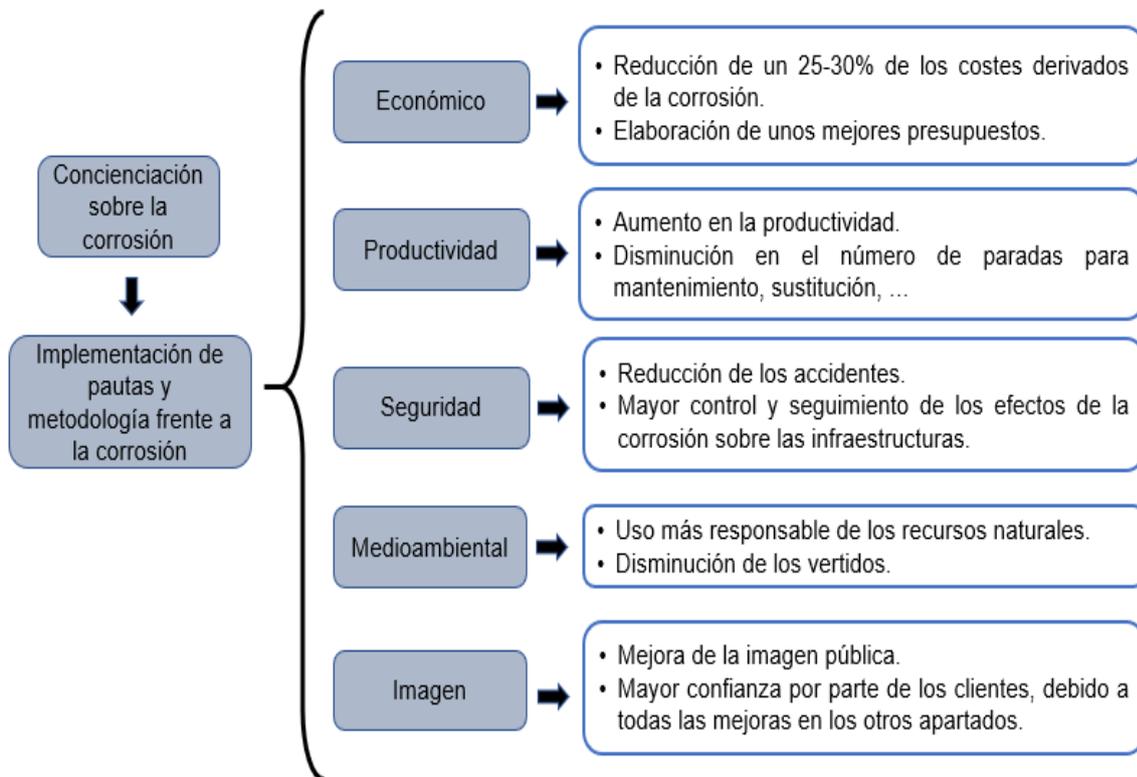


Figura 8. Esquema resumen de las justificaciones. *(Elaboración propia)*

1.2.7. Corrosión a nuestro alrededor

El fenómeno de la corrosión no solo afecta a la industria, sino que se encuentra muy presente la sociedad. En muchas ocasiones no nos damos cuenta o simplemente su presencia ya se ha normalizado de tal manera que no nos llama la atención. A continuación, se muestran una serie de ejemplos de corrosión en Santander.

La Figura 9, muestra una señal de tráfico con evidentes problemas de corrosión. Debido este deterioro no se puede identificar con claridad la velocidad que indica, siendo un claro peligro para la seguridad vial.



Figura 9. Señal de tráfico con visibles problemas de corrosión. *(Elaboración propia)*

En la Figura 10, se muestra un poste de luz con su estructura metálica al descubierto con evidentes problemas de corrosión. La falta de un mantenimiento prolongado puede provocar el colapso del poste, con su consecuente caída. En este caso existe riesgo para los transeúntes que pasen por el lugar, así como los abonados de la red eléctrica que se quedarían sin luz hasta que se solucionase la incidencia.



Figura 10. Poste de luz con problemas de corrosión. *(Elaboración propia)*

La Figura 11, se muestra la fachada de un restaurante que tiene toda la estructura metálica exterior con serios problemas de corrosión, hay partes en donde este fenómeno “se ha comido” todo el metal. En este caso existe un grave riesgo de que la estructura esté debilitada respecto a las especificaciones iniciales de diseño y de un desprendimiento de alguna pieza, pudiendo ocasionar un accidente.



Figura 11. Fachada de un restaurante con problemas de corrosión. *(Elaboración propia)*

La Figura 12, muestra una barandilla cuya base se encuentra totalmente desconectada del pavimento debido a avanzado estado de corrosión. Este tipo de casos es especialmente dañino para los transeúntes, pues se pueden apoyar pensando que se trata de una estructura segura y no lo es.



Figura 12. Barandilla gravemente afectada por corrosión. *(Elaboración propia)*

La figura 13, muestra el voladizo metálico de los contenedores de basura municipales afectado por la corrosión. Este voladizo tiene una especial importancia para la correcta recogida de basura, pues los camiones los utilizan para elevar el contenedor. La corrosión puede generar el fallo estos elementos causando un accidente y el vertido de toda la basura al medioambiente.



Figura 13. Voladizo de un contenedor de basura con problemas de corrosión. *(Elaboración propia)*

La Figura 14, muestra el accidente que sufrió recientemente un aparcamiento subterráneo de la ciudad. En este caso un informe pericial en 2019 había determinado que se podría producir corrosión en el forjado, un año después se hundió. Este es un muy buen ejemplo de cómo una mala gestión de la corrosión puede implicar gravísimas consecuencias:

- Seguridad → Afortunadamente no hubo ningún fallecido ni herido, pero es necesario recordar que a su alrededor existen una gran cantidad de viviendas, donde los vecinos ya no están tranquilos con la futura integridad de sus casas.
- Económicas → Se debe desescombrar todo, pagar las posibles multas que estipule la justicia y reconstruir el aparcamiento.
- Imagen de la empresa → La imagen de la empresa constructora queda muy dañada por este tipo de accidentes, perdiendo actuales y potenciales clientes.
- Productiva → La empresa no tenía en su planificación la reconstrucción del aparcamiento, por lo que deberá contratar nuevo personal para realizar esta obra y no parar las obras que tuviese ya en marcha. También podría centrar sus recursos en solventar este incidente, pero eso implicaría dejar abandonados a otros clientes.



Figura 14. Derrumbe del techo de un aparcamiento en Santander. [19]

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Definición de la corrosión

Existen numerosas definiciones sobre el fenómeno de la corrosión, siendo las más relevantes, las siguientes:

- Definiciones de la RAE [20], del latín *corrōsum*, supino de *corrodĕre* 'corroer'.
 1. *f. Acción y efecto de corroer.*
 2. *f. Quím. Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma.*
- *“Interacción fisicoquímica entre un metal y su entorno que da como resultado cambios en las propiedades del metal, y que puede conducir a un deterioro significativo de la función del metal, el medio ambiente o el sistema técnico del que forman parte” [21].*
- *“Transformación de una sustancia compleja en otra de estructura más sencilla, produciendo pérdidas en sus propiedades mecánicas de resistencia, lo que da lugar a cambios de geometría de las estructuras y componentes, haciéndolos perder la función para la cual estaban determinados” [14].*
- *“Fenómeno natural mediante el cual los materiales expresan su tendencia y evolución hacia un estado de equilibrio estable, condicionado por el medio ambiente” [22].*
- *“Reacción química o electroquímica de un metal o aleación con su medio circundante con el consiguiente deterioro de sus propiedades” [23].*

Al tratarse de un fenómeno complejo existen diferentes definiciones adecuadas, pero todas ellas tienen un común denominador, cuando un material padece de corrosión sus propiedades físicas y químicas se modifican. Por este motivo, su aparición es especialmente peligrosa. En el siguiente apartado se contextualiza el fenómeno de la corrosión a lo largo de la historia.

2.2. Historia

Existe una estrecha relación entre la evolución de la civilización y el dominio de los diferentes materiales, especialmente de los metales. Los usos que se dan a este tipo de materiales son muy variados, desde la agricultura, defensa, construcción, transporte, producción de energía, etc.

Los primeros metales empleados por la civilización humana fueron usados mayormente en su estado elemental natural (oro, plata, cobre), por lo que no era frecuente la aparición de problemas de corrosión. Estos materiales nativos fueron posteriormente combinados, dando lugar a otros con mejores propiedades mecánicas que adquirieron tal importancia que, en la historia de la civilización, dieron lugar a las Edades de Cobre, Bronce y Hierro. Al contrario de lo que ocurría con los metales nativos, estos materiales sí que sufren el fenómeno de la corrosión manera sistemática.

Esta problemática no fue estudiada ni despertó la curiosidad de la comunidad científica hasta que, en 1788, Austin observó que el agua neutra tendía a volverse alcalina cuando estaba en contacto con el hierro. A partir de este descubrimiento se fueron realizando avances en este campo de conocimiento. En la Figura 15, se muestran los principales hitos de forma cronológica.

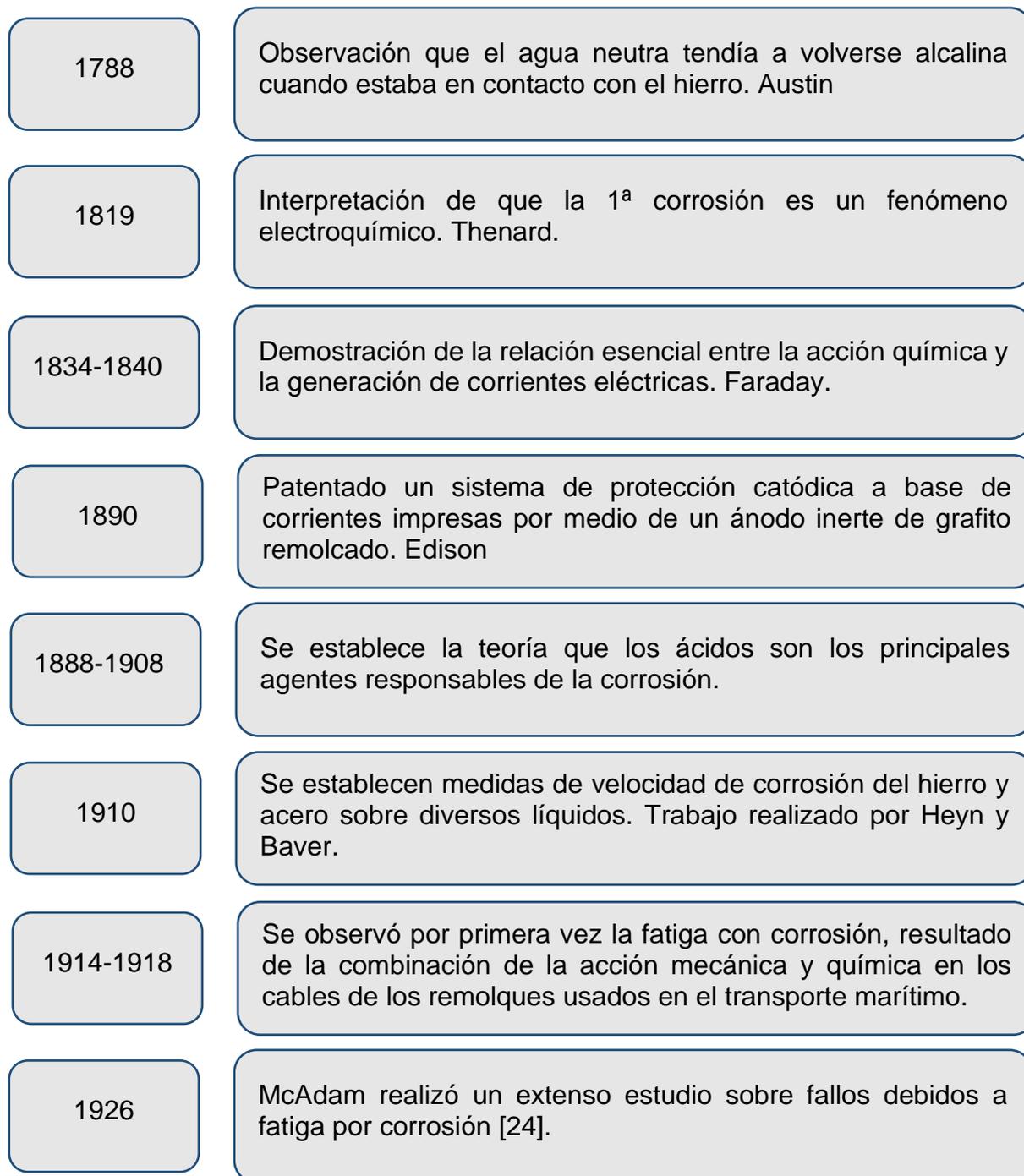


Figura 15. Cronograma de los principales hitos de la historia de la corrosión. *(Elaboración propia)*

Desde la primera interpretación realizada por Thenard en el siglo XIX, se han ido realizando avances de manera continua pero lenta en el conocimiento de la corrosión. En las últimas décadas se han realizado importantes avances gracias, a la investigación de empresas e instituciones, de algunas, se hablará a continuación.

2.3. Instituciones

La NACE (*National Association of Corrosion Engineers*), fundada el 9 de octubre de 1943 en Estados Unidos por 11 ingenieros [24-26], es la organización que mayor interés ha mostrado por el fenómeno de la corrosión. La relevancia de la corrosión fue siendo cada vez más importante y, a finales de la década de los 40 ya tenía 1.700 miembros. Actualmente cuenta con más de 36.000 miembros y se encuentra presente en más de 130 países. En 2002 publicó un estudio llamado “*Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States*” [6]. Este informe tenía como finalidad concienciar a la población y a las instituciones públicas del coste real que suponía la corrosión anualmente en la economía de los Estados Unidos. Gracias a la concienciación que generó este informe, La Marina de los Estados Unidos ha conseguido ahorrar billones de dólares, implementando medidas proactivas frente a la corrosión [24]. Es por ello, por lo que sus investigaciones y colaboraciones a nivel internacional son muy valoradas.

En Europa, en Frankfurt, en 1955, se fundó la Federación Europea de la Corrosión *The European Federation of Corrosion* (EFC) [26]. Esta federación fue fundada por 31 sociedades científicas de diferentes países, en algunos países participaron más de una sociedad: Francia (9), Alemania (7), Austria (5), Suiza (4), Italia (2), España (1), Suecia (1), Luxemburgo (1) [26].

La Figura 16, muestra el mapa de los países que actualmente pertenecen a la citada organización [27]. Cabe destacar la ausencia de Finlandia, Irlanda y de la mayoría de los países del Este de Europa. La falta masiva de estos últimos es un claro indicador de que no hay de compromiso ni concienciación respecto a la corrosión.



Figura 16. Mapa del continente europeo con los miembros de la EFC. (*Elaboración propia*)

Otra institución importante a nivel internacional es el *International Corrosion Council* (ICC), que celebró su primer congreso en Londres en el año 1961. Desde entonces y hasta ahora, se han reunido un total de 20 veces, un congreso cada 3 años [28]. La Figura 17, muestra en un mapamundi los países pertenecientes a esta organización [29]. Los estados que están a color verde son aquellos que tienen activos proyectos de investigación sobre la corrosión en colaboración con la ICC (49 países), mientras que los que se encuentran en color azul no tienen activo ninguno (18 países).

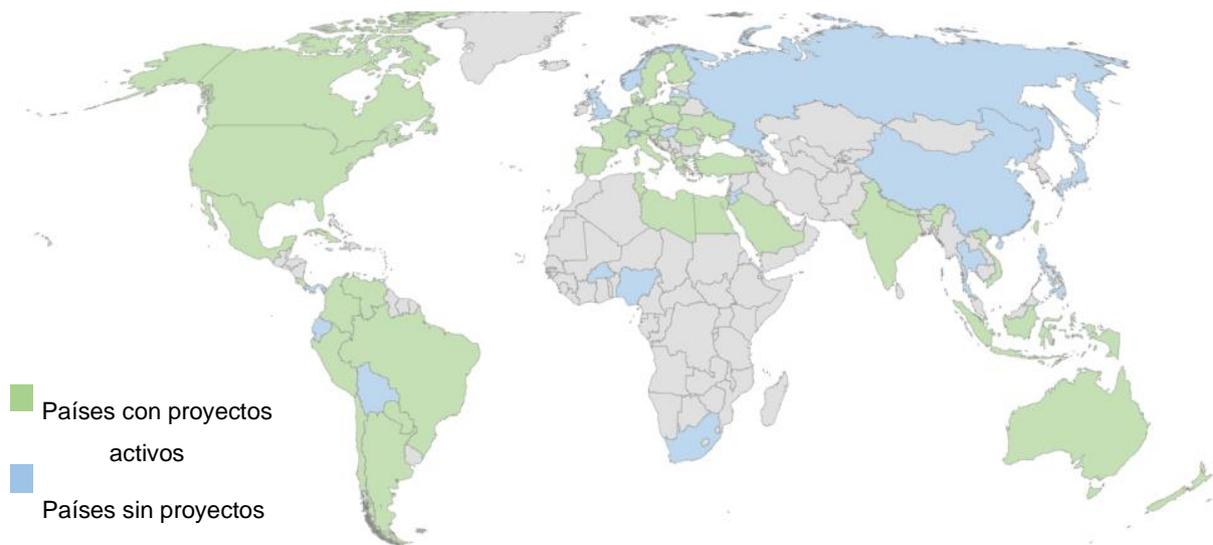


Figura 17. Mapamundi con los países miembros del ICC. *(Elaboración propia)*

El fenómeno de la corrosión ha ido despertando el interés de la Comunidad internacional. Así, en el año 2006, se constituyó *The World Corrosion Organization*, cuyos socios fundadores fueron la EFC, la ICC y *Chinese Society for Corrosion and Protection* (CSCP).

Además de estas instituciones de corte internacional, muchos países han decidido constituir su propia organización para combatir la corrosión. En la Tabla 1, se recogen algunas de las organizaciones más importantes.

Tabla 1. Asociaciones nacionales de corrosión. *(Elaboración propia)*

País	Organización
Austria	The Austrian Society for Metallurgy and Materials (ASMET)
Republica Checa	Association of Czech and Slovak Corrosion Engineers (AKI)
Países Bajos	Bond voor Materialenkennis
Francia	Centre Français de l'Anticorrosion (CEFRACOR)
Brasil	ABRACO
Singapur	Corrosion Association Singapore
China y Taiwan	Corrosion Engineering Association of ROC
Sudáfrica	Corrosion Institute of Southern Africa
Korea	Corrosion Science Society of Korea (CSSK)
Croacia	Croatian Society for Materials Protection
Alemania	Gesellschaft fur Korrosionsschutz e.V. (GFKORR)
Hungría	Magyar Korróziós Szövetség Budapest (HUNKOR)
Reino Unido	Institute of Corrosion (IC)
Japón	Japan Society of Corrosion Engineering (JSCE)
Suecia	RISE KIMAB (RISE)
Polonia	Polish Corrosion Society (PSK)
España	Sociedad Española de Materiales (SOCIEMAT)
Turquía	The Corrosion Association in Turkey
Israel	Corrosion Association Singapore (CAS)
Estados Unidos	Society for Protective Coatings (SSPC)

La labor de todas estas instituciones es primordial, ya que no sólo son catalizadoras de la concienciación sobre los peligros y riesgos que implica la corrosión, sino también tienen una gran utilidad como bases de datos e intermediarios de información relevante, permitiendo la rápida propagación de los conocimientos y técnicas sobre esta temática.

2.4. Accidentes

A pesar del gran número de asociaciones e instituciones que existen por todo el mundo, y cuyo objetivo primordial es comprender y ampliar el conocimiento existente sobre la corrosión, desgraciadamente, se siguen produciendo accidentes debidos a este fenómeno.

En muchos casos gracias a un minucioso estudio de las razones y motivos que los provocaron, se ha podido comprender su origen y, por lo tanto, evitar futuros accidentes [31]. Con estos antecedentes, sería muy conveniente, que los gobiernos de todo el mundo regularan la obligación por parte de las empresas de notificar y auditar todos los accidentes con indicios de corrosión. De esta manera se ampliaría el espectro de casos a estudiar, obteniéndose como resultado un mayor conocimiento y, por consiguiente, una mejora en las prácticas frente a la corrosión.

Una de las industrias que históricamente ha dedicado más recursos y esfuerzos al estudio y prevención de la corrosión es la industria petrolera. Esto es debido a que cualquier accidente en sus instalaciones supone importantes repercusiones económicas, medioambientales y, en el peor de los casos, pérdidas humanas [32]. Debido a estas significativas consecuencias, un gran número de empresas petroleras han acordado elaborar una base de datos común, donde se recopilan la totalidad de los accidentes que sufre cada una de ellas [33]. Son de gran valor, debido a que cada accidente puede ser estudiado por el resto de las empresas.

Los beneficios obtenidos son enormes debido a que se permite la participación de una mayor cantidad de talento para encontrar el problema y la solución de este. Una vez encontrado el procedimiento a seguir frente a la problemática estudiada, todos los participantes podrán implementarla y así evitar futuros accidentes y averías. En la Figura 18, se muestra un mapamundi con las diferentes bases de datos que existen actualmente.

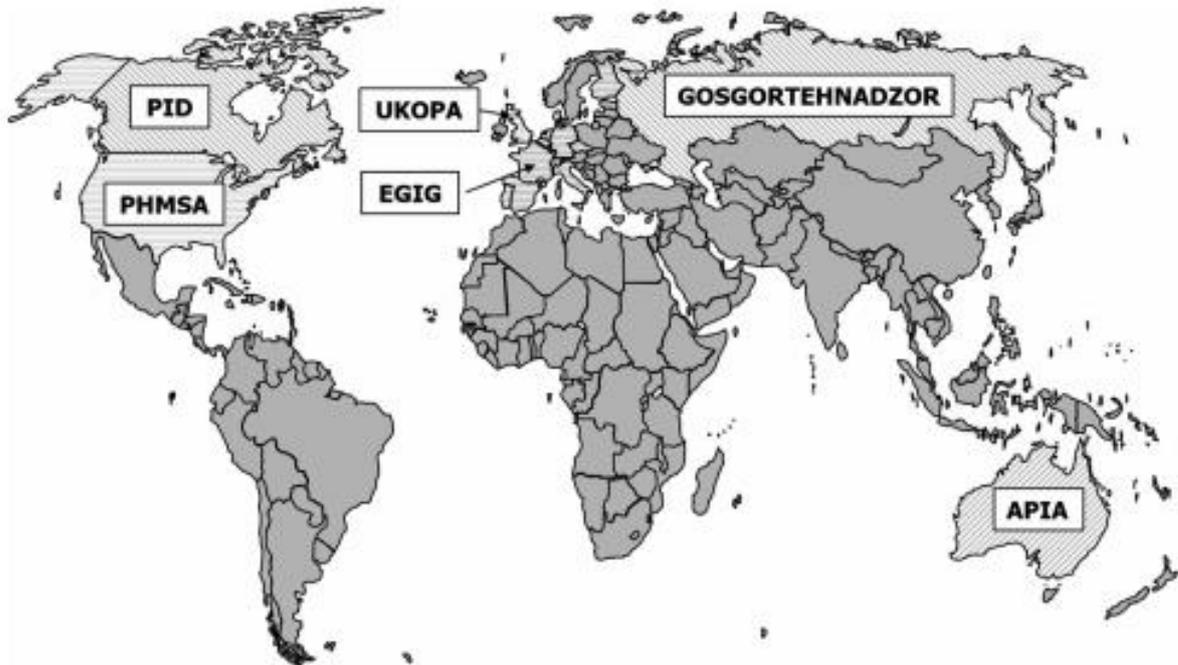


Figura 18. Mapamundi con las bases de datos de cada una de las regiones. [16]

A continuación, se van a exponer una serie de accidentes en la industria petrolera con víctimas mortales. La finalidad que se persigue no es otra que la concienciación de que se trata de un problema real, actual y que, en determinadas circunstancias, conlleva grandes catástrofes que acaban con vidas humanas [16].

2.4.1. San Juanico, México (noviembre de 1984)

Este accidente fue provocado por la explosión de una tubería de gas licuado de petróleo (GLP). Se estimó que la causa del accidente fue la corrosión por picadura, la cual causó una explosión inicial que dio lugar a una serie de explosiones en cadena. Éstas afectaron a un complejo residencial, provocando la muerte de 650 civiles [34-37]. Las Figuras 19 y 20, muestran imágenes del estado de los tanques durante y después de la explosión.



Figura 19. Los tanques en llamas. [38]



Figura 20. Imagen después de la explosión. [39]

2.4.2. Qingdao, China (noviembre de 2013)

Este accidente fue provocado por la explosión de un oleoducto mientras se realizaba la reparación de una fuga. Durante estas labores de restauración se produjo una explosión que provocó 67 heridos y la muerte de 47 personas. Una investigación

posterior determinó, que el accidente se produjo por problemas de corrosión uniforme [40,41]. La Figura 21, muestra cómo quedó la zona afectada.



Figura 21. Zona afectada por la explosión, se puede ver un camión boca abajo. [40]

2.4.3. Kaohsiung, Taiwán (Julio 2014)

Este accidente se produjo por una fuga en una tubería subterránea que transportaba propileno a altas presiones; la fuga no se detectó a tiempo, y se liberaron aproximadamente 90 toneladas de este material inflamable por el subsuelo, con un radio de extensión de 4.5 km. Cuando el propileno entró en contacto con una fuente de ignición, se produjo una fuerte explosión, con un balance de más de 300 heridos, 32 fallecidos y más de 100 vehículos calcinados. Tras una minuciosa investigación, se determinó que la causa principal del accidente fue la corrosión uniforme [42,43]. Las figuras 22 y 23, reflejan, respectivamente la magnitud de la explosión y el estado en que quedó el terreno.



Figura 22. Imagen durante la explosión en Kaohsiung, Taiwán. [43]



Figura 23. Imagen posterior a la explosión Kaohsiung, Taiwán. [43]

Todos los accidentes anteriormente expuestos tienen una cercanía temporal importante constatando que, la corrosión es un problema actual. Otra de las características que comparten estos accidentes son las pérdidas económicas y, desgraciadamente, las humanas. Es importante aclarar que no todos los accidentes provocados por la corrosión generan muertes de civiles o trabajadores, siendo las pérdidas económicas las más habituales. En el siguiente apartado se tratará este tema de manera detallada.

2.5. Estudios económicos previos

Como se ha comentado en el apartado anterior uno de los aspectos que sufre en mayor medida las consecuencias de la corrosión, es el económico. Es muy llamativo que exista mucha literatura técnica respecto a la corrosión, pero existan muy pocos trabajos tratando su principal consecuencia, la economía.

Determinar los costes e impactos económicos, sociales, medioambientales, etc., asociados a la corrosión es un tema extremadamente complejo ya que muchos de estos campos se encuentran relacionados entre sí [44]. Es por este motivo por el que a lo largo de la historia no se ha podido determinar un modo sistemático para su cálculo. Varios autores han dado diferentes puntos de vista sobre cómo calcular el costo asociado a la corrosión. A continuación, se explica brevemente cada método.

2.5.1. El método Uhlig

El método Uhlig [45] es un procedimiento para calcular el coste de la corrosión, conocido también como “el método de servicios y materiales”. Este método fue implementado en Estados Unidos en 1949 y, en Japón, en 1974. Con el fin de calcular los costes totales, se realizan dos grandes grupos: costes directos y costes indirectos.

- Costes directos: Este tipo de costo se asocia con el desembolso que deben realizar los propietarios para combatir la corrosión. Algunos ejemplos pueden ser el costo extra por usar materiales más resistentes a la corrosión, barnices, pinturas, de calidades más elevadas, protecciones catódicas, etc.
- Costes indirectos: Este tipo de costo está referido al gasto que deben realizar los usuarios y las empresas para hacer frente a la corrosión. Estos gastos indirectos también se pueden producir por paradas, fuera de servicio, cierre inesperado, huelgas, COVID, etc.

Una vez que se tienen ambos datos, se sumarían y se obtendría el gasto total que implica la corrosión. Este método se puede aplicar de manera sencilla al ciclo de vida de un producto, por ejemplo, un coche, unas tuberías, etc.

2.5.2. El método Hoar

El método Hoar [46], conocido como “el análisis por sector industrial” consiste en un procedimiento para calcular el costo total de la corrosión. Son dos los países que han aplicado esta metodología: Reino Unido en 1970 y Japón en 1974. La principal ventaja de este método sobre el de Uhlig es que existe una diferenciación entre sectores; no obstante, los datos son más difíciles de obtener.

Este método implica recopilar información detallada de cada uno de los sectores sujetos al análisis para que, posteriormente, un grupo de expertos trabajen colaborativamente para consensuar los aspectos más significativos de cada sector a tener en cuenta en el análisis económico.

Como ya se ha comentado anteriormente, no existe mucha literatura sobre este tema con enfoque económico, tal es el punto que únicamente un país, Japón, ha aplicado ambos métodos, concluyendo que el procedimiento de Hoar [46] supuso unos costes mayores que el de Uhlig.[45]

2.5.3. NBS BATTELLE

Los métodos anteriormente expuestos son correctos, pero no sirven para obtener una imagen general del por qué se produce la corrosión y de cómo evitarla, por lo que no resultan del todo útiles. El precedente que más se puede aproximar a la idea que se quiere desarrollar en este trabajo es el estudio “NBS BATTELLE” [47,48].

Este estudio consiguió que expertos económicos y en corrosión trabajaran de manera conjunta, para poder determinar el impacto real de la corrosión en la economía americana. El enfoque que dieron al estudio fue totalmente pragmático y se dividieron los costes generados por la corrosión en dos grandes bloques.

- Costes evitables.
- Costes inevitables.

Para poder calcular cada uno de los costes, se plantearon estimar el coste de la corrosión en tres mundos hipotéticos.

- El primer mundo → El mundo tal y como lo conocemos hoy en día.

- El segundo mundo → En este mundo hipotético, no existe la corrosión.
- El tercer mundo → En este mundo hipotético, se adoptan las mejores medidas anticorrosión técnicamente posibles en la actualidad. En este mundo no importa el dinero necesario para adoptar estas medidas anticorrosión.

Las fórmulas que a continuación se aplican determinan el coste total de la corrosión, siendo PNB el Producto Nacional Bruto.

$$\text{Coste total de corrosión} = \text{PNB del Mundo 1} - \text{PNB del Mundo 2} \quad (1)$$

$$\text{Coste de corrosión evitables} = \text{PNB del Mundo 1} - \text{PNB del Mundo 3} \quad (2)$$

$$\text{Coste de corrosión no evitables} = \text{PNB del Mundo 2} - \text{PNB del Mundo 3} \quad (3)$$

El enfoque de esta metodología es más realista y pragmática, ya que permite centrarse en los gastos evitables, mediante mejoras en la selección de materiales, en el diseño, en el seguimiento e inspección de las infraestructuras y en su mantenimiento.

En el siguiente capítulo, teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se va a tratar la metodología de trabajo. Se comenzará explicando el método utilizado para la obtención de información, se continuará indicando los participantes en el estudio y se finalizará con la explicación detallada del cuestionario enviado a las distintas empresas y organizaciones.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el capítulo anterior se ha comentado detalladamente las numerosas instituciones y organizaciones que existen en todo el mundo, y que dedican gran cantidad de tiempo y esfuerzo a estudiar y combatir el fenómeno de la corrosión y su impacto. También se han expuesto algunos de los accidentes más recientes y mortíferos derivados de ella. Este es el motivo por el que existen una gran cantidad de artículos, libros y publicaciones que tratan esta temática desde un punto de vista técnico [49-54].

Sin embargo, en el desarrollo de este TFM, me ha resultado extremadamente complicado encontrar literatura sobre los distintos impactos: económicos, sociales, medioambientales, ... que genera el fenómeno de la corrosión, tanto en los distintos sectores como en los países o empresas particulares. La falta de investigaciones, desde este punto de vista, se debe a diversos motivos. Uno de los principales, puede ser que, un estudio de estas características requiere de la estrecha colaboración entre las empresas y las organizaciones que, en muchos casos, no están dispuestas a compartir datos por recelo a las consecuencias o a que los empleados y/o los consumidores investiguen en temas tan delicados como puede ser la seguridad, la calidad e incluso la reputación de la empresa.

Otro de los posibles motivos es que no existe una adecuada concienciación por parte de los directivos, ya sea por falta de conocimientos o por el deseo de resultados inmediatos.

Este Proyecto de Fin de Máster pretende obtener una imagen clara de la concienciación y conocimientos que en el tema de la corrosión de los materiales existe en las empresas privadas, públicas y administraciones de diferentes sectores, tanto nacionales como extranjeros. En los próximos apartados se explicará detalladamente la metodología elegida, las empresas participantes y las herramientas empleadas para el análisis posterior de los resultados obtenidos.

3.1. Método de obtención de información

Para poder obtener una imagen realista de cuál es la posición de la sociedad frente a la corrosión, se consideraron varias opciones que se detallan a continuación.

La opción de hacer entrevistas y visitas a las organizaciones participantes, elegida en el estudio de NBS Battelle [47,48], fue descartada, aunque bajo mi punto de vista, es la opción ideal, si se contase con el apoyo incondicional de las directivas de las organizaciones, instituciones o de los clústers. Mediante las entrevistas y visitas se puede conocer de primera mano cuál es la postura de los directivos, qué acciones se están o no llevando a cabo y cuál es la opinión de los trabajadores de distintas áreas. Desgraciadamente esta opción no ha sido posible con los recursos que dispongo, agravado por la pandemia del COVID 19.

Al no poder utilizar la metodología anteriormente expuesta, se pensó que la mejor opción era la realización de una encuesta. Esta decisión se basa en diversas premisas:

- Actualmente nos encontramos en la “Era de las Tecnologías”, recurso que cuando se realizó la NBS Battelle [47,48] no estaba disponible. La difusión de las encuestas por internet es sencilla, rápida y permite contactar con empresas de diversas comunidades autónomas, así como con otros países.
- Las encuestas proporcionan anonimato a los participantes, dándoles más libertad para poder expresar su opinión o visión, sin poner en riesgo la reputación de la empresa.
- Permite realizar un estudio objetivo, pues, con una entrevista las conclusiones podrían verse alteradas con impresiones o valoraciones personales.
- Las respuestas están acotadas y son cerradas. Esta es una característica de gran valor a la hora de valorar los resultados.

3.2. Participantes en el estudio

Una vez definido el método, a través del cual se va a obtener la información de los participantes en el estudio, es necesario definir quién va a participar y por qué. El espectro de participación necesario, para poder obtener datos significativos, tiene que ser amplio y variado. Con el objetivo de poder fijar la muestra del estudio, se realizó un estudio de aquellos sectores que pueden aportar una información de mayor valor. A continuación, se indica una pequeña descripción de las actividades que podría realizar las empresas de los sectores seleccionados.

- Infraestructuras → Todas aquellas empresas cuya actividad principal es el diseño o la construcción de edificios, carreteras, puentes, túneles, aeropuertos, etc.
- Transporte y logística → Sector que engloba a las compañías cuya principal actividad consiste en la distribución y almacenaje de bienes de terceros.
- Producción y manufactura → Sector en el que la actividad principal de las empresas es generar bienes intermedios para otras compañías o bienes de consumo final.
- Servicios → Se trata del sector con mayor variedad productiva. Las compañías que presten servicios de ingeniería como auditorías, diseño de productos, mantenimiento, etc.
- Generación de energía → Sector que engloba a todas aquellas compañías que se dedican a la producción y distribución de energía.

Aparte de esta diferenciación entre sectores, también se ha tenido en cuenta si la organización es pública o privada y si su sede es nacional o internacional. En esta clasificación se considera que la naturaleza es pública cuando el Estado es accionista mayoritario de la empresa, o cuando se trata de una institución pública como tal. Una vez establecidos los sectores y la naturaleza (pública o privada), se seleccionaron los participantes, siendo el número total de los mismos de 256. La Figura 24, se muestra el porcentaje de entidades privadas y públicas a las que se les ha enviado el cuestionario.

En los siguientes apartados se explicarán detalladamente estas variables.

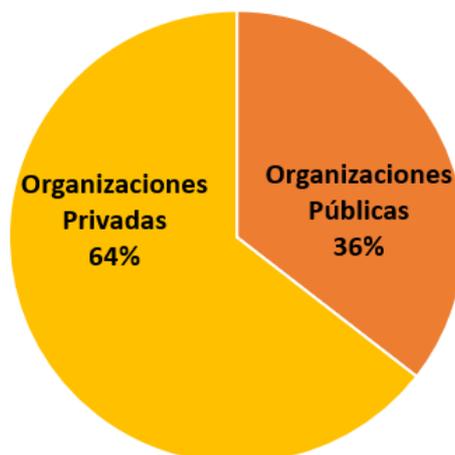


Figura 24. Diagrama circular con el peso en la muestra de las organizaciones privadas y públicas. (*Elaboración propia*)

3.2.1. Organizaciones públicas

La colaboración de este tipo de instituciones es fundamental para poder obtener resultados concluyentes. Como se ha indicado en la figura anterior, el 35% de las empresas participantes pertenecen a esta categoría, haciendo un total de 89. Estas organizaciones se clasifican en diferentes ámbitos, tales como:

Ayuntamientos

La actitud y las medidas que toman estas instituciones frente a la corrosión son de vital importancia, debido a que tienen la responsabilidad de mantener en un adecuado estado las infraestructuras de su localidad.

La zona norte de España, debido a su climatología, sufre de manera más significativa los efectos de la corrosión. Por este motivo se tomó la decisión de que, los 60 ayuntamientos seleccionados pertenecieran a la Comunidad Autónoma de Cantabria.

En la Figura 25, se puede observar como la velocidad de corrosión anual de zinc ($\mu\text{m/año}$) es significativamente más elevada en el norte de la península que en sur.

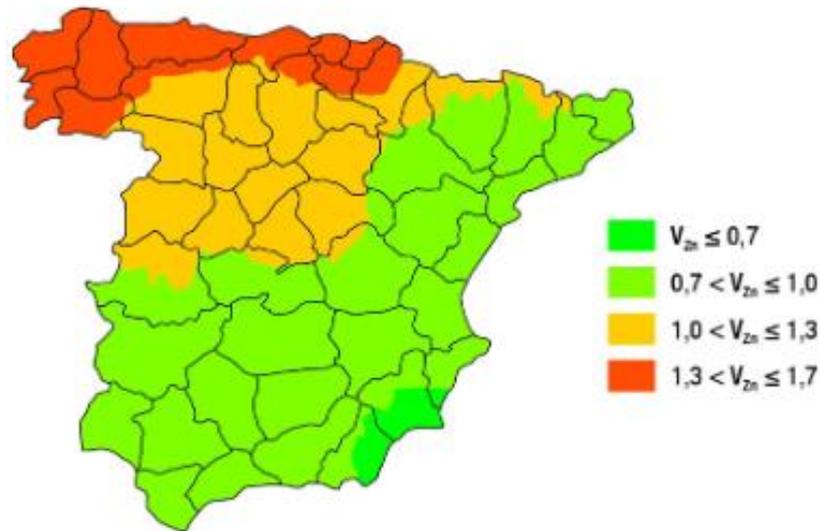


Figura 25. Mapa de España de velocidad de corrosión anual de zinc ($\mu\text{m/año}$). [45]

Empresas

Las empresas seleccionadas como públicas son aquellas en las que el Estado tiene una participación mayoritaria. La participación de estas empresas también resulta extremadamente útil, al ser el Estado uno de los principales accionistas puede establecer medidas, actitudes y protocolos para combatir la corrosión. En este caso, el número de empresas seleccionadas fueron de 15. En la Figura 26, se puede observar el sector al que pertenece cada una de ellas.

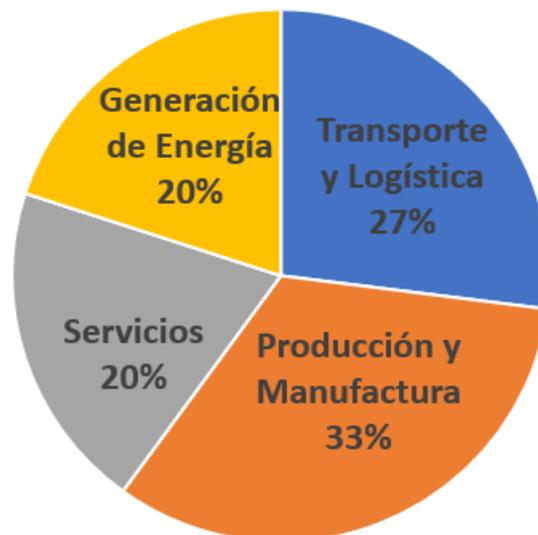


Figura 26. Empresas públicas clasificadas por sector. (Elaboración propia)

Universidades

Estas instituciones son las encargadas labores tan importantes como la docencia de las nuevas generaciones y la investigación. Por estos motivos su colaboración en este proyecto es esencial. Para que la actividad del departamento estuviese relacionada con la finalidad de este proyecto, se han seleccionado los departamentos de: Estructuras, Materiales, Diseño Mecánico, Diseño Industrial, Térmica y de Logística. En total han participado 16 Departamentos de distintas universidades.

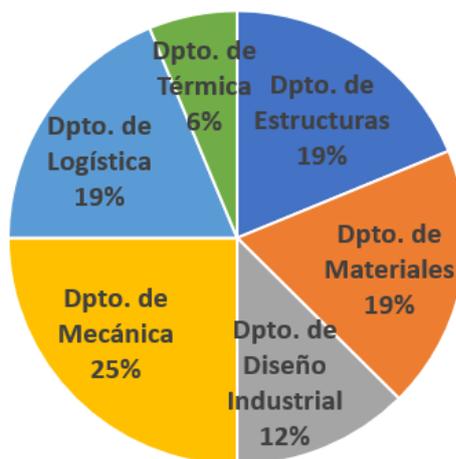


Figura 27. Participación de los departamentos de Universidad. *(Elaboración propia)*

Una vez descritos todos los colaboradores de carácter público, se puede resumir su participación en el siguiente gráfico.

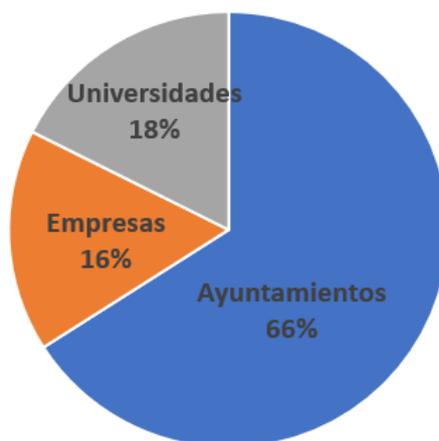


Figura 28. Gráfico resumen con los participantes públicos en la encuesta. *(Elaboración propia)*

3.2.2. Organizaciones privadas

Este tipo de organizaciones se caracterizan porque su dirección es independiente del Estado. Por este motivo resultará interesante comparar las respuestas de estos organismos con las de las organizaciones públicas. Como sucedió con los colaboradores públicos, se ha realizado un estudio sobre qué organizaciones deberían estar presentes en el mismo. Las organizaciones elegidas fueron 167 de diferentes naturalezas, tales como:

Empresas

Para selección de éstas se han seguido los mismos criterios que en el caso de las empresas públicas, pues la idea es poder comparar los resultados obtenidos por ambos tipos de empresas. La mayoría de ellas se encuentran en Cantabria o en el resto de España, pero fundamentalmente, son parte de empresas multinacionales, por lo que las directrices por las que rigen son de carácter internacional.

El total de las compañías elegidas para colaborar es de 85. En la Figura 29, se representa su distribución por sectores.

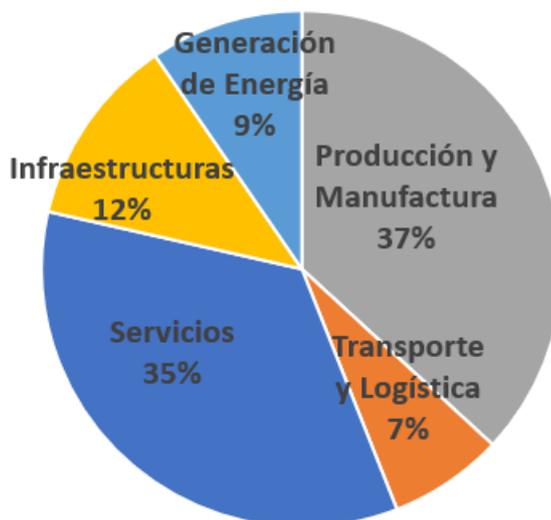


Figura 29. Gráfico resumen las empresas privadas organizadas por sectores. *(Elaboración propia)*

Colegios profesionales

Estas instituciones son un caso especial, porque se tratan de corporaciones de derecho público, pero no dependen de la Administración por lo que tienen un régimen privado [55]. La colaboración de este tipo de entidades es fundamental, ya que no se encuentran bajo el amparo de ninguna compañía y la información obtenida representa a todo un conjunto de profesionales. Por este motivo, es importante realizar una buena selección de los colegios profesionales participantes. Apoyándonos en la clasificación de sectores, anteriormente realizada, se han seleccionado los siguientes colegios: Colegio de Ingenieros industriales, Colegio de Arquitectos y Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

El Colegio de Ingenieros industriales, debido a su formación generalista en los diferentes campos de la ingeniería (mecánica, automática, eléctrica, electrónica) [56]. Estos profesionales abarcan un elevado número de competencias en diferentes campos, convirtiéndose en sujetos idóneos para conocer cuál es el grado de concienciación y actuación en diferentes sectores. Aunque un colegiado por el Colegio de Industriales podría ser un profesional de cualquiera de los sectores anteriormente expuestos, en este estudio se ha considerado como perteneciente al sector de la producción y la manufactura. Se han seleccionado un total de 27 colegios distribuidos por toda España.

El Colegio de Arquitectos, pues la actividad laboral de los arquitectos tiene una importancia capital en la lucha frente a la corrosión. Esto se debe a que este gremio es el encargado de diseñar muchos de los objetos y estructuras que podemos ver en las ciudades. Disponen de un elevado número de competencias, como edificación agropecuaria, edificación industrial y de almacenaje o edificación del transporte [57]. Es decir, la concienciación y el conocimiento que tengan sobre la corrosión favorecerá o no la prevención de este fenómeno.

Se han seleccionado 26 colegios profesionales de arquitectos situados a lo largo del territorio nacional. En este caso se ha determinado que, el sector que mejor se adapta a su actividad, es el de las infraestructuras.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, debido a sus amplias competencias profesionales: elaboración de proyectos, construcción, conservación y modificación de sistemas de transporte de líquidos y gases por tuberías o de defensas de costas [58]. En este caso, se seleccionaron 18 colegios profesionales distribuidos por España. La actividad de este sector ha sido adjudicada al sector de las infraestructuras. La Figura 30, muestra porcentaje del número de colegios profesionales.

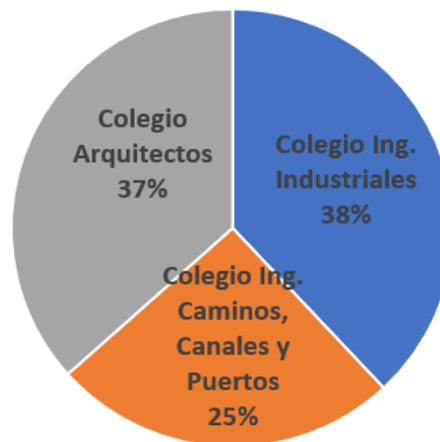


Figura 30. Gráfico que muestra el número porcentual de participación por colegio.
(Elaboración propia)

Cámara de Comercio

Se trata de una corporación de derecho público, la cual tiene como responsabilidad representar, promocionar y defender los intereses generales del comercio, la industria, los servicios y la navegación [59]. Aparte de estas responsabilidades, las Cámaras de Comercio tienen programas para mejorar la competitividad, la internacionalización de las empresas, fomentar la innovación y mejorar la formación de los trabajadores. Han sido seleccionadas 10 Cámaras de diferentes puntos de España, siendo, fundamentalmente su sector asignado, el de servicios. En la Figura 31, se puede observar el peso porcentual que tiene cada una de las organizaciones privadas.



Figura 31. Gráfico del peso de las organizaciones privadas. *(Elaboración propia)*

En la Figura 32, se puede observar la distribución en porcentajes de cada uno de los sectores en el ámbito privado.

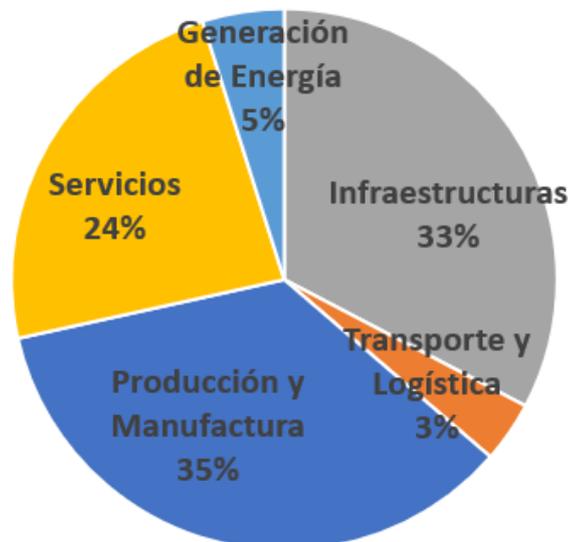


Figura 32. Distribución en porcentajes de cada uno de los sectores en el ámbito privado. *(Elaboración propia)*

Finalmente, se muestra en la Tabla 2 un resumen, de todos los participantes, especificando su naturaleza, Pública o Privada, así como los sectores a los que pertenece. También se adjunta la Figura 33, que resume el total de participantes potenciales en el estudio.

Tabla 2. Tabla detalle de los participantes clasificados por sector. *(Elaboración propia)*

	Público			Privado			
Infraestructuras	Universidad	Dpto. Estructuras	3	Colegio Arquitectos	26		
				Colegio Ing. Caminos, Canales y Puertos	18		
				Empresa	10		
	Total		3	Total	54	TOTAL	57
Transporte y Logística	Universidad	Dpto. Logística	3	Empresa	6		
	Empresa		4				
	Total		7	Total	6	TOTAL	13
Producción y Manufactura	Universidad	Dpto. de Materiales	3	Colegio de Ing. Industriales	27		
		Dpto. de Diseño Industrial	2	Empresa	31		
		Dpto. de Mecánica	4				
	Empresa		5				
	Total		14	Total	58	TOTAL	72
Servicios	Ayuntamiento		60	Empresa	29		
	Empresa		3	Cámara Comercio	10		
	Total		63	Total	39	TOTAL	102
Generación de energía	Universidad	Dpto. Térmica	1	Empresa	8		
	Empresa		3				
	Total		4	Total	8	TOTAL	12
Total de participantes Públicos		91	Total de participantes Privados		165		
TOTAL DE PARTICIPANTES			256				

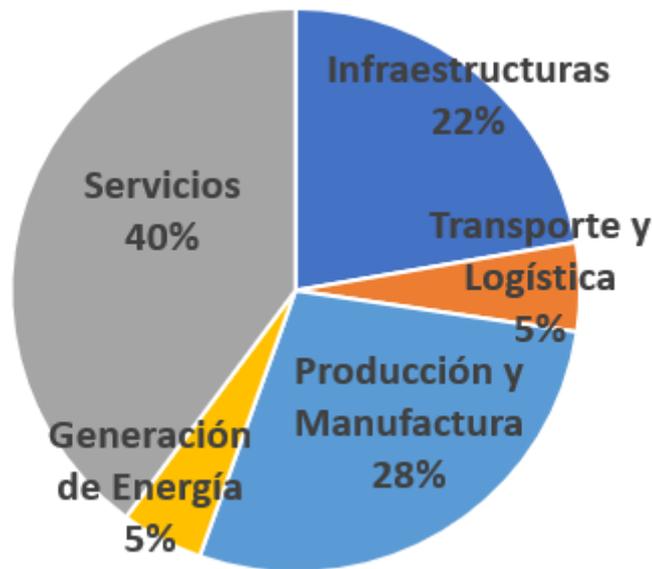


Figura 33. Gráfico resumen de los participantes en la encuesta por sector. *(Elaboración propia)*

3.3. Encuesta

Una vez definidas las empresas y organizaciones participantes, el siguiente paso fue determinar el programa con el que se iba a materializar la encuesta. En un principio se barajaron varias herramientas:

- Limey Survey
- Monkey Survey
- Google Forms

Tras un estudio de cada una de las plataformas, se decidió que la más idónea era la de Google, pues es una herramienta que posee una interfaz sencilla y ofrece un rendimiento satisfactorio.

3.3.1. Estructura y preguntas

En el proceso de elaboración del cuestionario, que constituye la encuesta, se han establecido las siguientes premisas:

- Debe ser una encuesta de carácter genérico, y no debe estar orientada a ningún sector o empresa en especial.
- Las respuestas de las preguntas deben ser sencillas, pero a la vez deben aportar una información concreta y de alto valor.
- Para conseguir la máxima atención del participante, no se debe tardar en realizar más de 2 o 3 minutos.

A continuación, teniendo en cuenta estos criterios, se van a desarrollar los siguientes bloques temáticos: “Presentación”, “Conociendo al participante”, “Concienciación de la empresa” y “Actitud frente a la corrosión”.

3.3.2. Presentación

Esta primera sección de la encuesta es una breve presentación, en la que se indica quien es el autor de la misma y el fin que persigue el estudio. Así mismo, se señala que se preservará el anonimato de aquellos que decidan participar. A continuación de muestra el texto en cuestión.

“Me llamo Carlos Pérez Sainz, actualmente estoy cursando el Máster en Ingeniería Industrial en la Universidad de Cantabria. Me sería de gran ayuda que respondiese con la mayor sinceridad a esta encuesta; sus respuestas servirán para poder sacar conclusiones que se reflejarán en mi PFM titulado: "Implementación de pautas y metodología para evaluar problemas de corrosión en una empresa". Por supuesto su participación es totalmente ANÓNIMA y no se revelará su identidad.”

Si el receptor decide participar, solo debe pulsar “Siguiente” y comenzará la encuesta.

3.3.3. Conociendo al participante

Esta sección tiene una importancia capital, ya que nos permite caracterizar al participante bajo ciertos parámetros: sector, empresa pública o privada, ámbito de trabajo, puesto que ocupa, etc. Es importante destacar que todas las preguntas son de obligada respuesta, excepto dos, una de ellas pregunta sobre el Departamento en que se trabaja y la otra sobre la sede de la empresa. Se decidió hacer así porque se estipuló que podían ser datos incómodos de compartir por el participante.

1ª pregunta

En esta primera cuestión, se desea obtener el sector al que pertenece la empresa del participante. Basándonos en la clasificación por sectores realizada en el punto 3.2., es posible seleccionar varios. Esta pregunta es de carácter obligatorio. La pregunta se muestra en la siguiente figura.

Indique el sector o sectores a los que pertenece su empresa. *

- Producción y manufactura.
- Generación de energía.
- Servicios.
- Transporte y logística.
- Infraestructuras.

Figura 34. 1ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración Propia)*

2ª pregunta

Continuando con la clasificación realizada en el apartado 3.2., esta pregunta hace referencia al tipo de empresa: Pública o Privada. Esta cuestión tiene carácter obligatorio y sólo se marcará una.

Indique si la empresa para la que trabaja es pública o privada. *

Pública.

Privada.

Figura 35. 2ª pregunta de la encuesta. (Elaboración propia)

3ª pregunta

Una vez obtenida la información del sector al que pertenece y su naturaleza, se pasa a preguntar sobre el ámbito de trabajo de la empresa. Esta pregunta es de carácter obligatorio y permite señalar más de una respuesta, pues la empresa puede tener clientes de diferentes ámbitos.

Indique el ámbito o ámbitos de trabajo de su empresa. *

Nacional.

Local.

Internacional.

Figura 36. 3ª pregunta de la encuesta. (Elaboración propia)

4ª pregunta

Hace referencia a cuál es el país en el que se encuentra la sede la empresa, y no tiene un carácter obligatorio, ya que algún participante quizás no se sienta cómodo aportando esta información. Desde el punto de vista del estudio, esta información si tiene un gran valor para el análisis de los resultados, porque permitiría comparar resultados entre países.

Indique el país en el que se encuentra la sede su empresa (OPCIONAL).

Tu respuesta _____

Figura 37. 4ª pregunta de la encuesta. (Elaboración propia)

5ª pregunta

No es obligatoria. Se pide al participante que indique cuál es el Departamento en que trabaja. Esta información puede ser delicada de compartir.

¿En qué departamento desarrolla su trabajo?

Tu respuesta

Figura 38. 5ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

6ª pregunta

Es la última pregunta de este bloque. La información que aporta es capital para poder comparar en el análisis si existen diferencias en las respuestas dependiendo del puesto que ocupa el participante. Es de carácter obligatorio y solo se puede señalar una opción.

Indique el puesto que ocupa. *

Alta dirección.

Jefe de departamento o responsable de equipo.

Empleado sin trabajadores a su cargo.

Figura 39. 6ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

3.3.4. Concienciación de la empresa

El siguiente bloque del cuestionario tiene como objetivo, conocer el nivel de concienciación que, tanto a nivel corporativo como interdepartamental, se tiene sobre la corrosión.

7ª pregunta

Basándonos en el informe “*Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States*” [6], elaborado por la NACE (*National Association of Corrosion Engineers*) en el año 2002, se pregunta sobre los costes anuales asociados a la corrosión en España. Es una cuestión de obligada respuesta.

Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros. *

Si, lo sabía.

No lo sabía.

Si, era consciente del problema pero no conocía ese dato.

Figura 40. 7ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

8ª pregunta

En esta cuestión se pretende conocer la preocupación que sobre la corrosión proyecta la dirección de la organización a la que pertenece el participante. Es de obligada y respuesta única.

Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la dirección de la empresa respecto a la corrosión. *

Si.

No.

Figura 41. 8ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

9ª pregunta

Enlazando con la pregunta anterior, en esta cuestión se pretende conocer si la corrosión es un tema que se trate con frecuencia dentro de la empresa o con los clientes. Es de obligada y única respuesta.

La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamento o con el cliente. *

Si.

No.

Figura 42. 9ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

3.3.5. Actitud frente a la corrosión

Las preguntas de este último bloque se centran en poder obtener la mayor cantidad de información sobre las acciones que lleva a cabo la empresa para combatir la corrosión.

10ª pregunta

Esta pregunta persigue conocer si existe alguna metodología determinada para calcular los costes de corrosión de la empresa. Dependiendo de la respuesta que se dé, la aplicación redirige a una pregunta u otra. La respuesta a esta cuestión es obligada y sólo se permite una única respuesta. A continuación, la Figura 43, representa un esquema explicativo en forma de árbol de decisión.

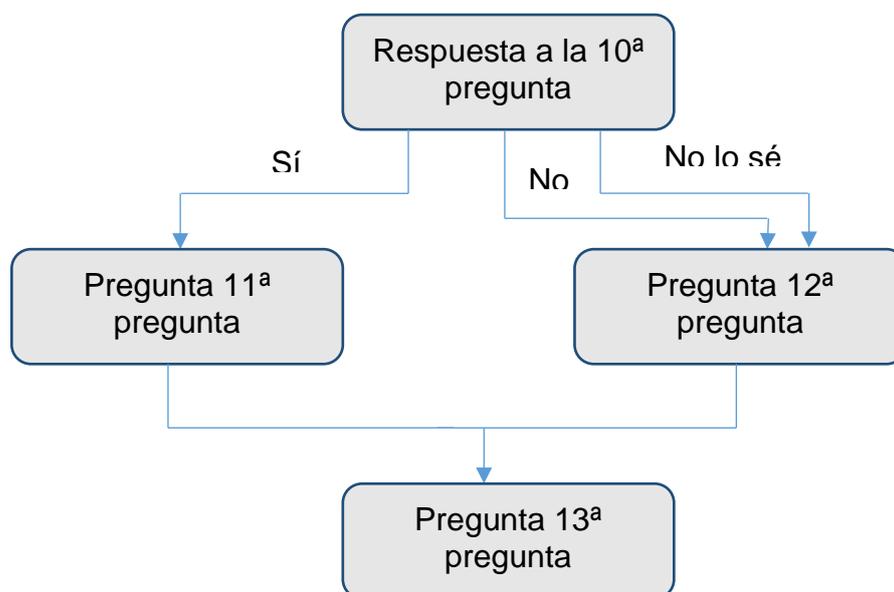


Figura 43. Esquema explicativo de la lógica entre las preguntas 10,11, 12 y 13.
(Elaboración propia)

¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión? *

Elige ▼

Figura 44. 10ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

11ª pregunta

A esta pregunta solo se puede acceder si se ha respondido “SI” a la pregunta 10. Al responder que, si se realiza un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión, se pregunta cómo se hace tal seguimiento. De esta cuestión se salta directamente a la pregunta 13. Es de obligada y única respuesta.

¿De qué manera se realiza este seguimiento? *

Sé que se realiza, pero no conozco el procedimiento.

No hay un procedimiento especial. Cuando se detecta algún problema, se soluciona como una labor de mantenimiento normal.

Existe una metodología y unas pautas específicas para actuar frente a estos problemas.

Otro: _____

Figura 45. 11ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

12ª pregunta

Al responder “No” o “No lo sé” en la pregunta 10, se deriva al participante a esta cuestión.

¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión? *

- Si, me parece esencial ya que anticiparse a estos problemas puede evitar graves accidentes y un importante ahorro de costes.
- No creo que sea necesario.
- Si, pero no hay personal cualificado.
- Otro: _____

Figura 46. 12ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

13ª Pregunta

Como indica la Figura 43, después la pregunta 11 ó 12 el participante debe responder a la pregunta 13. Es decir, después de responder si la empresa sigue los costes y problemas generados por la corrosión, se les pregunta por si las instalaciones de su empresa sufren problemas provocados por este fenómeno. La respuesta esta cuestión es obligatoria y sólo se puede indicar una opción.

¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ? *

- Si, pero ya se han solucionado.
- No, debido a que se realiza un mantenimiento constante.
- Si, pero aún no se han solucionado.
- No.
- Otro: _____

Figura 47. 13ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

14ª Pregunta

Se pregunta cuál es el Departamento que debería hacerse cargo de la corrosión. Esta pregunta es obligatoria de responder, solo se puede marcar una respuesta y permite a los participantes escribir una opción diferente a las dadas.

¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión? *

- Departamento de Mecánica.
- Departamento de Materiales.
- Departamento de Mantenimiento.
- Un grupo de trabajo formado por los departamentos anteriores, en donde se realicen reuniones periódicas.
- Un departamento exclusivo para ello.
- Otro: _____

Figura 48. 14ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

15ª Pregunta

En esta cuestión se pretende conocer el nivel de conocimiento que existe sobre la normativa internacional. La respuesta es obligatoria y solo se puede seleccionar una.

¿Conoce alguna normal internacional que trate la corrosión? *

- Si.
- No.

Figura 49. 15ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

16ª Pregunta

En esta cuestión se plantea un tema delicado: si los productos de la empresa sufren o han sufrido problemas de corrosión. Esta pregunta puede llegar a resultar incómoda de responder, pero se considera necesaria para obtener una imagen lo más realista posible de cómo actúan las empresas en estos casos. Se proponen una serie de

respuestas, pero si el participante desea indicar otra puede hacerlo en “Otro”. La respuesta es obligatoria, y pueden indicarse varias.

Si alguno de los productos que comercializa su empresa ha tenido o tiene problemas de corrosión, por favor, indique la o las medidas adoptadas al respecto. *

- La empresa no fabrica ningún producto.
- Se cambio el diseño el producto para minimizar la corrosión.
- Se realizaron cambios en los materiales constructivos del producto.
- Se mejoró el revestimiento del producto.
- Los productos que comercializa la empresa están fabricados con materiales que no sufren esta problemática.
- No se realizó ningún cambio.
- Otro: _____

Figura 50. 16ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

17ª pregunta

Se pide a los participantes que, si lo desean, pueden añadir algún comentario respecto al tema en cuestión. El fin de esta pregunta es poder obtener algún dato no contemplado de forma inmediata en el cuestionario, o manifestación que el entrevistado quiera aportar.

Si desea añadir algún comentario, sería de gran ayuda.

Tu respuesta

Figura 51. 17ª pregunta de la encuesta. *(Elaboración propia)*

3.4. Análisis de datos

Una vez elaborada la encuesta, el siguiente paso fue su difusión a las empresas e instituciones seleccionadas en el apartado 3.2.

Se enviaron vía email, se estableció un periodo de dos semanas para que las personas que quisieran participar tuvieran tiempo para ello. Esta limitación temporal de 15 días pareció oportuna ya que resulta lo suficientemente amplia como para permitir que las empresas que deseen participar puedan enviar sus respuestas.

Una vez terminado el plazo, comienza la fase de recopilación de resultados para su posterior análisis. La plataforma *Google Forms* facilita la descarga de un documento de Excel, con las respuestas de todos los participantes. Para realizar el análisis de los datos obtenidos, de una manera minuciosa y crítica, se emplean dos softwares: Power BI como programa principal complementado con Excel; ambos son desarrollados por Microsoft.

La elección de Power BI, como programa principal para tratar los datos y ser capaces de obtener la mayor cantidad de información útil, se debe a que ha sido diseñado para tal fin. Es un programa *Business Intelligence* [60], es decir, al introducir los datos con las respuestas de la encuesta, se podrán relacionar unas respuestas con otras. Este tipo de relaciones permiten obtener un análisis más profundo obteniendo resultados y conclusiones que, con herramientas convencionales de análisis, no serían posibles. Como herramienta secundaria se usa Excel, debido a su fácil uso y capacidad de cálculo. También se ha tenido en cuenta que son programas desarrollados por la misma compañía, por lo que la comunicación entre ambos resulta sencilla y rápida. Así mismo, este programa, se emplea como apoyo para realizar cálculos y gráficos que, con Power BI, pueden resultar más complejos hacer.

En definitiva, el empleo de estos dos softwares permite realizar un profundo y detallado estudio de las respuestas obtenidas y, por lo tanto, llegar a un minucioso análisis de las mismas para trazar las conclusiones finales del TFM.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

En este capítulo se realiza un análisis detallado de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a las distintas empresas participantes. Con el fin de extraer la mayor cantidad de información posible, el análisis se ha dividido en tres grandes grupos, de la forma:

- Análisis general.
- Análisis empresa privada vs empresa pública.
- Análisis por sectores.

4.1. Análisis general

El análisis de los datos recibidos de las empresas y entidades ya mencionadas en el Capítulo 3.2, comienza por la extracción de una serie de aspectos generales tales como:

- Número de participantes.
- El tiempo de respuesta.
- Los sectores a los que pertenecen.
- El puesto de responsabilidad que ocupa el participante dentro de la empresa.
- El país en que se encuentran sus sedes.

El número total de encuestas enviadas ha sido de 256, recibiendo 102 respuestas. Se trata de una cifra de participación elevada, ya que supone una respuesta del 40% de las empresas o entidades seleccionadas, lo que conllevará a la obtención de unos resultados fiables y sólidos.

Los datos que los cuestionarios nos proporcionan no siempre implican una única variable en su respuesta, sino que, en algunas, éstas son múltiples. Tal casuística se da en los campos: Sectores (Producción y Manufactura, Servicios, Infraestructuras, Generación de energía y Transporte y Logística) y en el ámbito de negocio (Local,

nacional, Internacional). En el caso de los sectores, en varios casos se aprecia que una misma empresa está presente en varios de ellos. En el ámbito de trabajo también hay casos en los que, desarrollan su actividad tanto a nivel local, nacional o internacional. La Figura 52, refleja un extracto de ambas preguntas.

...

Indique el sector o sectores a los que pertenece su empresa. *

Infraestructuras.

Transporte y logística.

Producción y manufactura.

Servicios.

Generación de energía.

Indique si la empresa para la que trabaja es pública o privada. *

Pública.

Privada.

Figura 52. Extracto de la pregunta 1 y 2 de la encuesta. *(Elaboración propia)*

Para cuantificar estos datos y teniendo siempre presente que las empresas que desarrollan su actividad en distintos ámbitos están segmentadas en diferentes Departamentos y subdelegaciones, y trabajan con un elevado grado de autonomía en la toma de decisiones, se ha visto conveniente cuantificar de manera independiente las variables anteriormente expuestas. Es decir, una empresa que pertenece a los sectores de Infraestructuras y Servicios, con un ámbito de trabajo Nacional, en un principio, la muestra la consideraba como una única empresa. Al abarcar dos sectores diferentes de trabajo, y puesto que son éstos los que se desean analizar, a la hora de contabilizar se considerarán como dos empresas diferentes.

Esta consideración ha implicado que la muestra inicial de 102 empresas se haya convertido en una muestra de 149, implicando un aumento del 46%.

Una vez determinada la muestra, se comienza a presentar los resultados y discutir los mismos. El primer parámetro que se va a analizar es el tiempo que tardaron los participantes en responder. El día de la semana elegido para enviar la encuesta fue un lunes con el fin de tener por delante 5 días laborables seguidos y evitar el fin de semana. En la Figura 53, se puede observar que, a los tres días del envío de la encuesta, ya se había recibido respuesta de un 79% de las empresas participantes y en una semana se recibió el 100%.

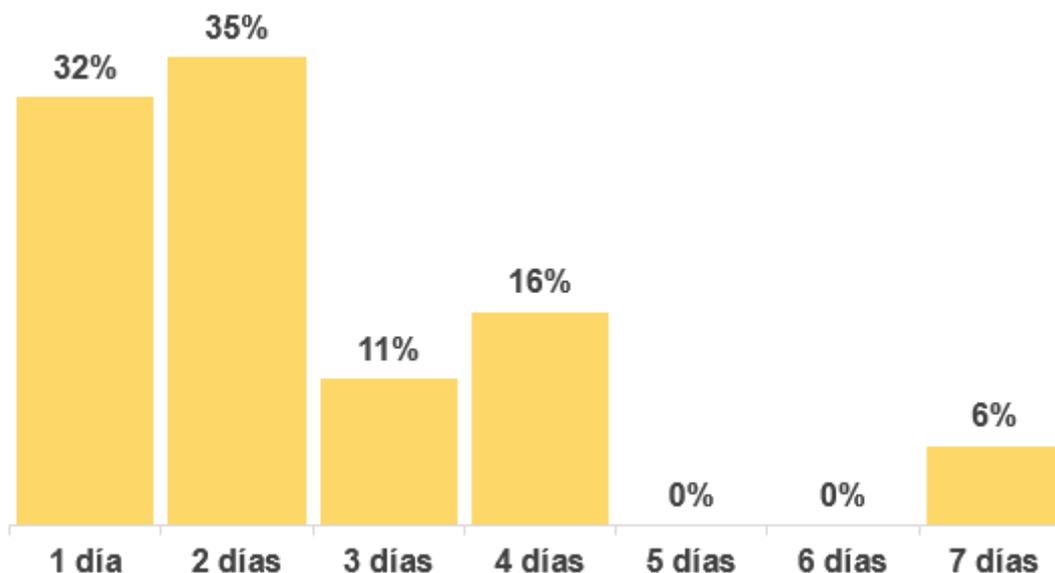


Figura 53. Cronología de la recepción de respuestas. *(Elaboración propia)*

También resulta de interés conocer cuál ha sido la participación según el carácter público o privado de la organización encuestada. Este dato se analiza desde dos puntos de vista; en el primero, se calcula cuál es el nivel de respuesta de cada uno de ellos. Se enviaron 165 cuestionarios a empresas del sector privado respondiendo 77, un 46.67%, al sector público se mandaron 91, dando respuesta 25, un 27.47%. El segundo análisis, reflejado en la Figura 54, se centra en conocer el peso que tiene cada de ellas en la muestra final, observándose que un 20.13% son organizaciones públicas frente al 79.87% privadas.

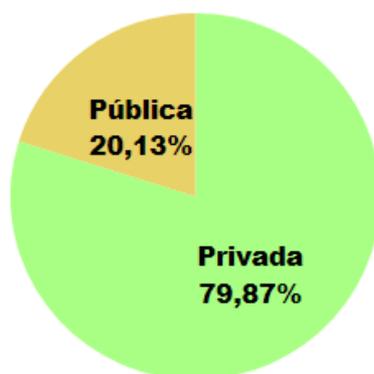


Figura 54. Porcentaje de participación de organizaciones públicas y privadas respecto del total de la muestra. *(Elaboración propia)*

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta en el análisis, es el puesto que ocupa el participante en su organización. Esta información es de gran utilidad debido a que permite la comparación de resultados según la posición jerárquica del participante. En la Figura 55, se aprecia que la mayoría de los encuestados son empleados sin trabajadores a su cargo (69.13%); también resulta interesante apreciar que el 9 % pertenece a la Alta Dirección.

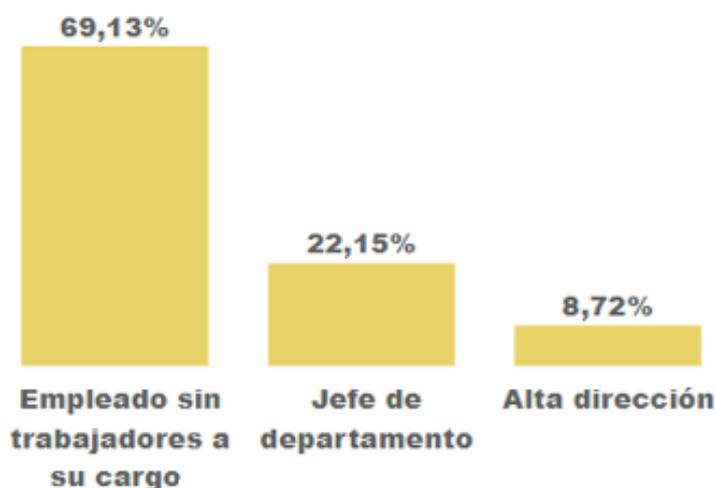


Figura 55. Porcentaje de participantes por puesto de responsabilidad. *(Elaboración propia)*

Otro de los parámetros generales que tiene especial interés, es el porcentaje que cada uno de los sectores va a representar sobre el total de la muestra. En la Figura 56, se observa que los sectores mayoritarios son el de Producción y Manufactura y el

de Servicios, ambos suman el 71% del total. El Sector de Transporte y Logística es el menos representado con tan solo con un peso del 4% de la muestra.

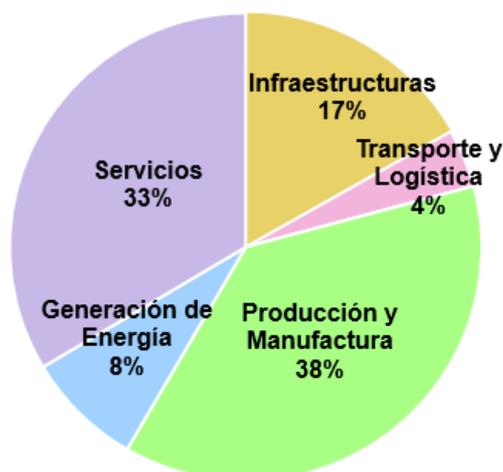


Figura 56. Peso de los sectores en la muestra de estudio. *(Elaboración propia)*

El último punto de este análisis general incide en el carácter nacional e internacional de las empresas e instituciones participantes. Resulta importante destacar que se han obtenido respuestas de nueve países diferentes, seis de ellos pertenecientes a la Unión Europea (67%): España, Francia Australia, Italia, Polonia y Alemania. Los otros tres países participantes han sido: Estados Unidos, Nueva Zelanda y El Reino Unido.

4.3. Análisis Privada vs Pública

Este análisis pretende comparar las diferencias y similitudes que, frente al fenómeno de la corrosión, existe entre las empresas privadas y públicas. Las Figuras 58 y 59 reflejan, respectivamente, los datos extraídos de las encuestas y que, a continuación, se van a analizar. En el Anexo 1, se muestra de manera detallada cada uno de ellos.

El primer dato a resaltar es el diferente peso que tiene en la muestra cada una de ellas. La representación de las empresas privadas es de 119 frente a los 30 de la pública, teniendo un peso relativo del 79.87% y del 20.13% respectivamente.

Uno de los aspectos clave a la hora de poder realizar un adecuado análisis y obtener la mayor cantidad de información valiosa, consiste en saber quién te está

aportando la información. En nuestro caso, al poder disponer del puesto que ocupa el participante se enfatizarán ciertos datos. También resulta interesante comparar las respuestas por el grado de responsabilidad. En la Figura 57, se puede observar que la distribución porcentual es claramente diferente. En el caso de las privadas la categoría con mayor respuesta es la de “Empleado sin trabajadores a su cargo” con el 74.79% y la minoritaria, pero con un porcentaje muy interesante del 9.24% es la de la “Alta dirección”. En el caso de las públicas, la participación en “Empleado sin trabajadores a su cargo” y “Jefe de Departamento” ha sido la misma, mientras que la “Alta dirección” supuso un 6.67%.



Figura 57. Comparativa de la participación por puestos de responsabilidad en el sector Público y Privado. (Elaboración propia)

A continuación, se pretenden analizar las diferencias y similitudes en tres grandes bloques como son: la concienciación y conocimiento, el seguimiento por parte de las empresas y su actuación ante la corrosión en sus productos.

4.3.1. Concienciación y conocimiento

En este bloque se analizan las respuestas obtenidas en las preguntas 7 “¿Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros?”, 8 “Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la dirección de la empresa respecto a la corrosión”, 9 “La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las

reuniones departamento o con el cliente” y, 15 “¿Conoce alguna normal internacional que trate la corrosión?”, desarrolladas en el apartado 3.4. Las respuestas de los participantes han sido muy similares, marcando una tendencia clara hacia la falta de concienciación y conocimiento del fenómeno de la corrosión, tanto el sector público como privado.

Respecto a la concienciación, los resultados son concluyentes en ambos casos: alrededor del 75% de los encuestados no son conscientes del enorme coste económico generado por problemas de corrosión. Cabe resaltar que nadie en el sector público conocía el dato planteado en la pregunta 7, frente al 3.36% del sector privado, que si manifiesta conocerlo.

Del análisis de datos se deduce que, tampoco existe una especial preocupación por parte de la alta dirección de las empresas para atajar esta problemática, ni se trata de manera habitual en reuniones de departamento o con clientes. Este dato va estrechamente ligado al desconocimiento que manifiestan, en ambos sectores, de la normativa internacional existente respecto a la corrosión. Únicamente un 23% de las empresas públicas dicen tener un conocimiento de ello, frente al 15% de las privadas.

4.3.2 Seguimiento de los problemas y costes

En este bloque se analizan las respuestas obtenidas en las preguntas 10”*¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?”, 11 “¿De qué manera se realiza este seguimiento?”, 12 “¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?”, 13 “¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión?” y, 14 “¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?, desarrolladas en el apartado 3.4.*

Los datos del apartado anterior reflejan claramente un desconocimiento y despreocupación por el tema de la corrosión, tanto en el sector público como en el privado.

Ante la pregunta de si las empresas realizan un seguimiento de los problemas y costes generados por el fenómeno de la corrosión, es importante señalar que, si la respuesta es afirmativa, la siguiente cuestión es de qué manera lo realizan. Si por el contrario, se contesta de forma negativa, la encuesta le preguntará si cree que debería hacerlo.

- Este seguimiento únicamente lo realizan un 16% de las empresas del sector privado frente al 7% del público. De este 16%, en más de la mitad de ellas (68.42%), existe una metodología y unas pautas específicas para actuar frente a la corrosión. Así mismo, es importante resaltar que el 21% manifiesta la existencia de un protocolo, pero admite que lo desconoce. Estos datos contrastan con las respuestas del sector público, ya que el 100% manifiesta que no existe un procedimiento especial de actuación.
- El 84% de las empresas privadas y el 93% de las públicas, no realizan ningún tipo de seguimiento frente al fenómeno de la corrosión. A pesar de ello, en ambos ámbitos, un 67% de los encuestados manifiesta la importancia de hacerlo, y un 18% consideran que no existe personal cualificado para tal desempeño.

Continuando la comparativa entre ambos sectores se comprueba que, cuando se pregunta sobre los daños sufridos por la corrosión en las instalaciones de sus empresas, un 23% del sector público y un 30% del privado, manifiestan que no existen desperfectos debido a que existe un mantenimiento constante en las instalaciones. De esta pregunta se obtiene otra reflexión importante: los problemas de corrosión no solucionados representan un 33% en el sector público y un 10% en el privado.

Ambos sectores, público y privado, coinciden mayoritariamente en que la lucha frente a la corrosión debe ser dirigida por un grupo de trabajo formado por especialistas de distintos Departamentos (Mecánica y Materiales y Mantenimiento).

4.3.3 Actuación ante la corrosión en productos

En este bloque se analizan las respuestas obtenidas en la pregunta 16 *“Si alguno de los productos que comercializa su empresa ha tenido o tiene problemas de corrosión, por favor, indique la o las medidas adoptadas al respecto”*, desarrolladas en el apartado 3.4.

Una vez más, se constata la diferencia entre las medidas tomadas por el sector público y el privado frente a los problemas de corrosión que ha podido sufrir un producto en su empresa. Las Figuras 58 y 59 reflejan, respectivamente, los datos extraídos de las encuestas.

Si se comparan las tres actuaciones que más se repiten, los datos son los siguientes:

- “No se realiza ningún cambio en el producto que ha sufrido corrosión”, en el 31% de los casos del sector privado frente al 62% del público.
- “Se mejora el revestimiento del producto”, en el 42% de los casos del sector privado frente al 12% del público.
- “Se realizan cambios en los materiales constructivos del producto” en el 9% de los productos de las empresas privadas frente al 25% de las públicas.

Las conclusiones que se pueden obtener de estas respuestas son que, en el sector público, se es más reacio a realizar cambios cuando se detectan problemas de corrosión (62%) y en los casos en los que decide actuar, se toma la medida más drástica: el cambio en los materiales constructivos (25%), sin valorar otras medidas como puede ser la mejora del revestimiento (12%). No hay que olvidar que sería necesario hacer un balance exhaustivo de la situación y sopesar cual es la mejor opción en cada caso.

Por otro lado, en el sector privado se es más propenso a realizar mejoras en los productos cuando se detectan problemas de corrosión. La solución más utilizada es la mejora del revestimiento (42%), esta medida implica un menor desembolso económico que permite alargar el ciclo de vida del elemento y, con ello favorecer su balance económico y sus beneficios que es el fin último de una empresa privada.

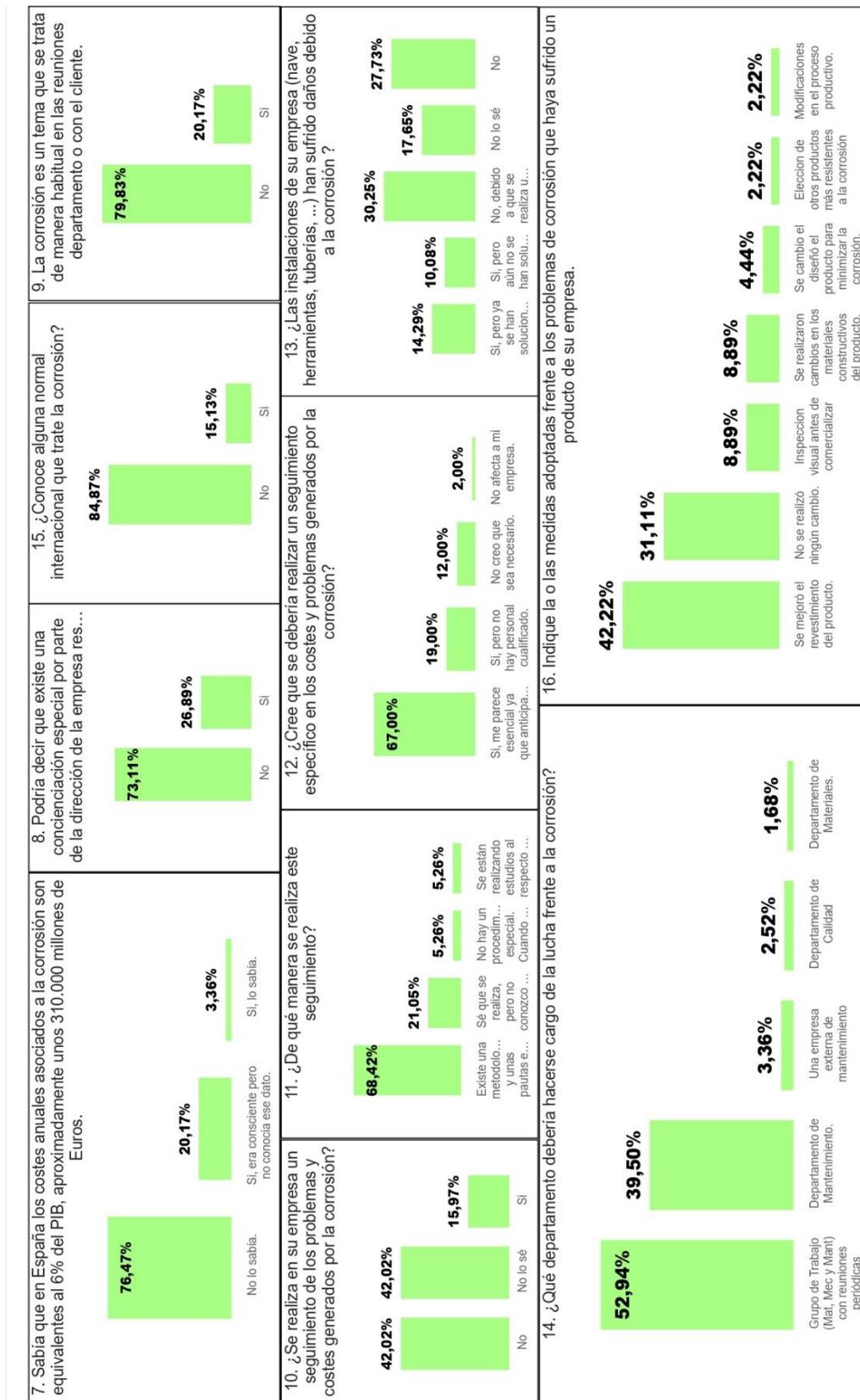


Figura 58. Gráficas del sector privado. (Elaboración propia)

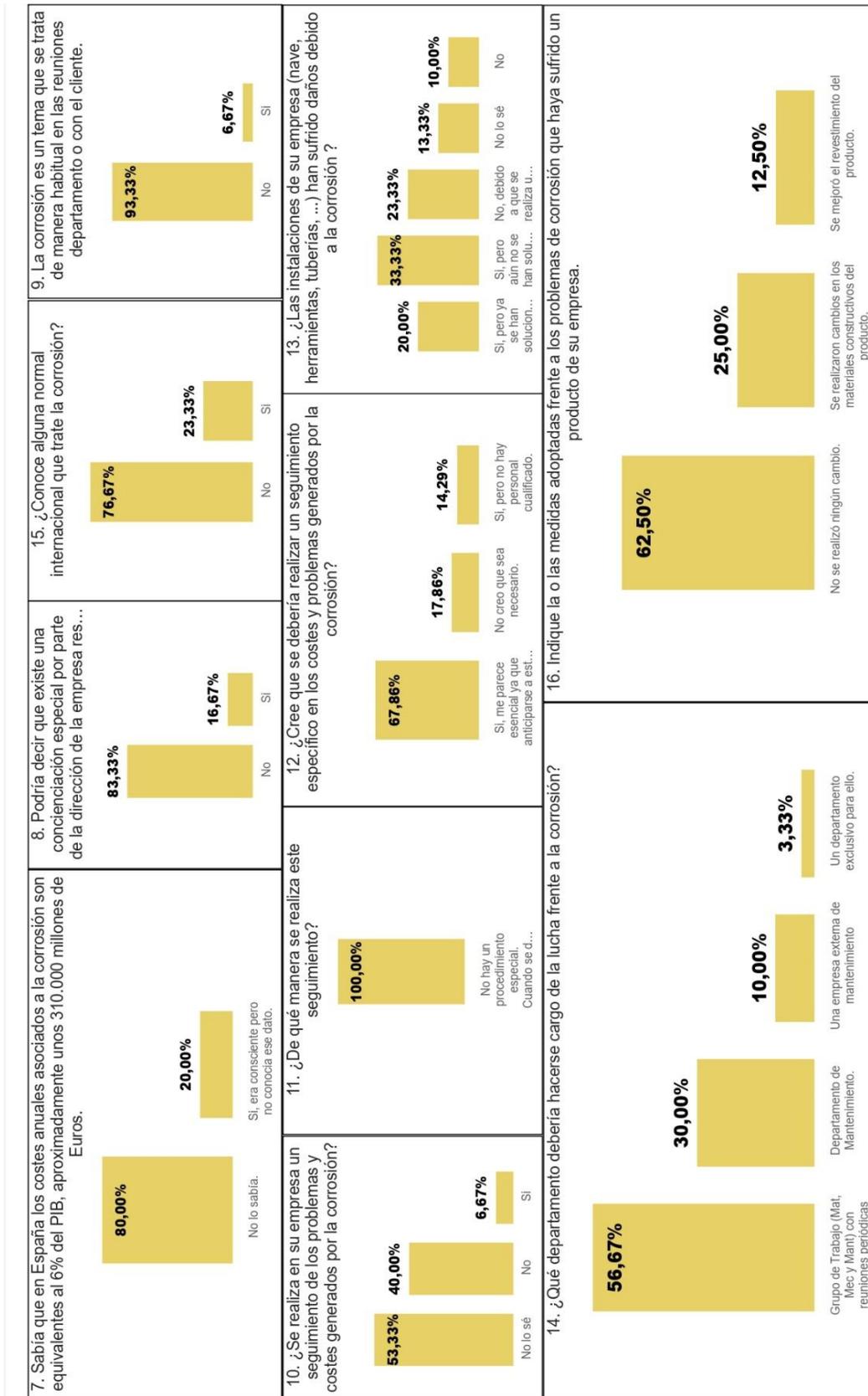


Figura 59. Gráficas del sector público. (Elaboración propia)

4.4. Comparativa entre sectores

Atendiendo a los datos reflejados en la Figura 56, son 5 los sectores participantes en el estudio. Se puede apreciar que no todos ellos tienen la misma representación en la muestra estudiada: Producción y Manufactura (38%), Servicios (33%), Infraestructuras (17%), Generación de Energía (8%) y Transporte y Logística (4%).

Las Figuras 61, 62, 63, 64 y 65 reflejan, respectivamente, los datos de los distintos Sectores, extraídos de las encuestas, y que se encuentran desglosados en diferentes Anexos: Producción y Manufactura (Anexo 2), Servicios (Anexo 3), Infraestructuras (Anexo 4), Generación de Energía (Anexo 5) y Transporte y Logística (Anexo 6).

En este apartado se va a hacer un estudio comparativo con los tres sectores con mayor representación en la muestra. Al igual que se hizo en el apartado 4.3., con las empresas públicas y privadas, ahora se analizarán las diferencias y similitudes que, en cuanto a la concienciación y conocimiento de la corrosión existe en los distintos sectores. Asimismo, se detallará su seguimiento y actuación frente a la aparición de este fenómeno en sus productos.

4.4.1. Concienciación y conocimiento

En este bloque se analizan las respuestas obtenidas en las preguntas 7 *“¿Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros?”*, 8 *“Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la dirección de la empresa respecto a la corrosión”*, 9 *“La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamento o con el cliente”* y, 15 *“¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?”*, desarrolladas en el apartado 3.4. Las respuestas de los distintos sectores han sido muy similares, mostrando de manera unánime, su falta de concienciación y conocimiento con relación al fenómeno de la corrosión.

En cuanto a la concienciación, los datos muestran que un 79% de los trabajadores de los distintos sectores no es consciente del gran coste económico que supone el

fenómeno de la corrosión para el PIB de España. Al mismo tiempo, cabe destacar que, aunque con un escaso porcentaje, 8%, el sector de Infraestructuras es el único que ha mostrado un conocimiento sobre este coste.

Existe también unanimidad en los distintos sectores, ya que, el 75% de los encuestados, manifiesta que no existe una concienciación especial por parte de la dirección de las empresas para atajar el problema de la corrosión. Este aspecto resulta altamente preocupante y refuerza la idea, ya expuesta, a lo largo del Proyecto de la necesidad que existe de concienciar y formar tanto a la Alta Dirección, que son los tienen las herramientas para actuar, como a los dirigentes políticos cuya función es legislar, en el caso que nos ocupa sobre la corrosión.

Además, la encuesta refleja que las normas internacionales, que regulan este fenómeno, tampoco son mayoritariamente conocidas por ninguno. El Sector de las Infraestructuras, con un 20% de respuestas afirmativas, es el que manifiesta un mayor conocimiento de estas normas.

Ante la pregunta número 9, *“la corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones de departamento o con el cliente”*, cabe destacar la respuesta negativa del 90% de los trabajadores del sector Servicios. De nuevo, el sector de las Infraestructuras es el que más lo trata, suponiendo un 20% de respuestas.

4.4.2 Seguimiento de los problemas y costes

En este bloque se analizan las respuestas obtenidas en las preguntas 10” *¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?*”, 11 *“¿De qué manera se realiza este seguimiento?”*, 12 *“¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?”*, 13 *“¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión?”* y, 14 *“¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?”*, desarrolladas en el apartado 3.4.

Atendiendo a los datos anteriormente expuestos se puede afirmar que tanto el sector de Producción y Manufactura, como el de Servicios e Infraestructuras, muestran un desconocimiento y despreocupación por el fenómeno de la corrosión. Al igual que se hizo en el estudio comparativo entre las empresas públicas y privadas, a continuación, se realiza un análisis diferenciado por sectores, indicando si hacen o no un seguimiento de los problemas y de los costes generados por la corrosión.

En todos los sectores analizados, hay empresas que lo realizan, pero en un porcentaje alarmantemente bajo: un 14% en el sector de Producción y Manufactura, un 12% en el de Infraestructuras y, tan sólo, un 6% en el de Servicios.

Aunque el sector de Generación de Energía no es uno de los seleccionados inicialmente por su baja representación en la muestra, (8%), es importante resaltar que el 42% de los trabajadores determinan que, en sus empresas, existe un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión.

Resulta relevante ver el desconocimiento que los encuestados manifiestan cuando se les pregunta si su empresa realiza un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión. Los sectores de Servicios e Infraestructuras son los que mayoritariamente responden que no se realizan estos seguimientos (60%), frente a un 25% del Sector de Generación de Energía. Pese a este desconocimiento, mayoritariamente manifiestan la necesidad de que exista un seguimiento de los costes y problemas generados por la corrosión.

Se observa que, cuando se pregunta “si la corrosión ha causado daños en las instalaciones de la empresa”, un 14% del sector Producción y Manufactura responde negativamente, frente al 36% del sector de las Infraestructuras. Asimismo, analizando los datos, resulta importante destacar que, en el sector de la Producción y Manufactura, la importancia que se da a las labores de mantenimiento conlleva que los daños producidos por la corrosión sean menores que en los otros sectores analizados.

Esta misma pregunta permite apreciar que existe un número importante de daños causados y detectados por la corrosión, que no se han solucionado aún, y que

representan un 20% en el sector de Servicios, un 12% en el de Infraestructuras y un 10 % en el de Producción y Manufactura.

Analizando el dato de “¿qué Departamento debería de ser el encargado de combatir la corrosión?”, todos los Sectores coinciden en señalar al Departamento de Mantenimiento, correspondiendo a un grupo de trabajo formado por especialistas de diferentes campos: Mecánica, Materiales y Mantenimiento. Únicamente en el sector Servicios, un 12% se decanta por una empresa externa de mantenimiento.

Este dato refuerza la necesidad de que el fenómeno de la corrosión sea tratado por equipos de trabajo multi e interdisciplinarios que lleven a cabo la metodología de trabajo de manera conjunta y colaborativa. Esta metodología debe ser funcional, estar bien definida para que todos los actores la conozcan cada uno desde el papel que desempeñe y en sus márgenes de responsabilidad.

4.4.3. Actuación frente a la corrosión en productos

En este bloque se analizan las respuestas obtenidas en la pregunta 16 “*Si alguno de los productos que comercializa su empresa ha tenido o tiene problemas de corrosión, por favor, indique la o las medidas adoptadas al respecto*”, desarrollada en el apartado 3.4.

Las actuaciones frente a la corrosión de un producto son muy diferentes en función del sector analizado.

- En los sectores de Servicios e Infraestructuras, la mitad de los encuestados manifiestan que no se toma ninguna medida frente a los problemas de corrosión experimentados por un producto. Este porcentaje baja al 20% en el sector de Producción y Manufactura.
- Se mejora el revestimiento del producto en el 45% de los casos en el sector de la Producción y Manufactura, frente al 18% del sector de Infraestructuras.
- Se realizan cambios en los materiales constructivos del producto en el 27% de las Infraestructuras, frente al 8% de los otros sectores analizados.

- Resulta interesante ver que el sector de la Producción y Manufactura es el único que, con un porcentaje del 8%, determina cambiar el diseño del producto para minimizar los problemas de corrosión.
- Cabe destacar que, en el sector de la Energía, aunque éste no sea uno de los escogidos para hacer la comparativa, manifiestan que siempre se implementa la misma medida: mejorar su revestimiento cuando se detecta un problema de corrosión en un componente o estructura metálica.

4.5. Comentarios

Una vez concluido el análisis de la encuesta, se pasa a comentar la última sección de la misma. Se trata de un último apartado que invita al participante a escribir de manera libre algún comentario sobre temática. Se han realizado 16 comentarios, 3 de la Alta Dirección, 4 de Jefes de Departamento y 9 de trabajadores sin empleados a su cargo.

Debido a que la mayoría de los comentarios tienen un carácter general y no se refieren específicamente a ninguna de las cuestiones planteadas, se ha decidido hacer con todos ellos esta sección.

Se valora muy positivamente que tres altos cargos hayan dedicado un tiempo a aportar los siguientes comentarios, que adquieren más valor si cabe, al ser personas con responsabilidades y poder de decisión en las empresas.

- *“El tema de la corrosión es muy importante en determinados ámbitos de las obras, tanto civiles como arquitectónicas y se debe **atender este tema** con mayor rigor ya que el buen hacer **reduce muchos gastos y sorpresas.**”*
- *“**Se debe prevenir y actuar** desde la ingeniería en procesos de corrección de la oxidación en la edificación bien sea evitando pares galvánicos en contacto de materiales aislándolos convenientemente.”*
- *“Es una empresa de servicios **no dedicada a estos aspectos**”.*

Los dos primeros comentarios resultan muy interesantes, ya que refuerzan la idea de la importancia de que la prevención y actuación frente a la corrosión son aspectos básicos para el buen funcionamiento de una empresa.

El tercer comentario sorprende que se realice desde la Alta Dirección de una empresa, pues la corrosión afecta de manera directa y/o indirecta a todos los Sectores productivos, como ha quedado patente a lo largo de todo el Proyecto.

Los comentarios realizados por los Jefes de Departamento son:

- *“En nuestra actividad, seguimos las **pautas marcadas** en cada proyecto.”*
- *“Nuestra empresa es una oficina de servicios”*
- *“Nuestra experiencia se basa en la corrosión en acumuladores de agua producida por el efecto de la cal y las corrosiones por electrólisis.”*
- *“**IMPORTANTE** debemos **cambiar la errónea concepción** de que nada se puede hacer **sobre la corrosión.**”*

Los comentarios que más valor aportan al estudio son el primero y el último. El primero porque refleja la falta de una uniformidad en las pautas a seguir para hacer frente a la corrosión y, el último porque incide en la necesidad de un cambio de actitud para no caer en el tópico, demasiado extendido, de que no es posible actuar frente a ella.

Los empleados sin trabajadores a su cargo han realizado los siguientes comentarios:

- *“Al estar de becario, **desconozco** parte de la información solicitada.”*
- *“Creo que es un tema **muy desconocido.**”*
- *“Creo que existe una **gran desinformación** respecto a los costes derivados de la corrosión, y se debería invertir más tiempo en ello.”*
- *“Creo que la corrosión es un **elemento muy importante** sobre el qué se debe hacer mucho hincapié **para el mantenimiento y conservación** de materiales y estructuras en las empresas.”*

- “Es ingeniería de proyectos. **No tenemos relación con la corrosión.**”
- “Mucho ánimo con ese trabajo, se necesita **especialización** para tomar medidas oportunas.”
- “Por lo que tengo entendido, si bien el material no sufre corrosión, la maquinaria de trabajo sí, de manera que necesitan hacer **mantenimiento periódico** (por varias causas, una de ellas está).”
- “Se **estudia** el material en **profundidad** y se fabrica con calidad para evitar el problema de la corrosión.”
- “**Subcontratamos** todos los materiales. Hacemos instalaciones FV sobre cubiertas y en suelo a nivel industrial (no menos de 100 kW). Obviamente, siempre expuesto al clima. En función de la ubicación, solemos pagar algo más para anodizar el aluminio de las estructuras y hacemos hincapié en que la tornillería se ajuste. Normalmente utilizamos acero inoxidable A2 para poder anclarnos a las correas de la nave. Por darte más información, utilizando esos materiales a más de 5-10 km de la costa, los estructuristas nos dan 25 años de garantía (casi todos). Si está más cerca de esa distancia nos dan 10 años.”

La mayoría de los comentarios hacen referencia al desconocimiento de este fenómeno y a la importancia de su tratamiento a través del mantenimiento.

Merece una especial atención el comentario: “Mucho ánimo con ese trabajo, **se necesita especialización para tomar medidas oportunas.**”, ya que, por un lado, hace hincapié en la falta de personal cualificado que tome medidas efectivas, y por otro, me reafirma en el tema elegido para hacer el presente Proyecto.

La Figura 60, representa de manera gráfica las distintas temáticas aportadas por los entrevistados cuando, al terminar la encuesta, se les invitó a realizar algún comentario sobre el tema de la corrosión.



Figura 60. Gráfica sobre las temáticas de los comentarios aportados por los participantes en la encuesta. *(Elaboración propia)*

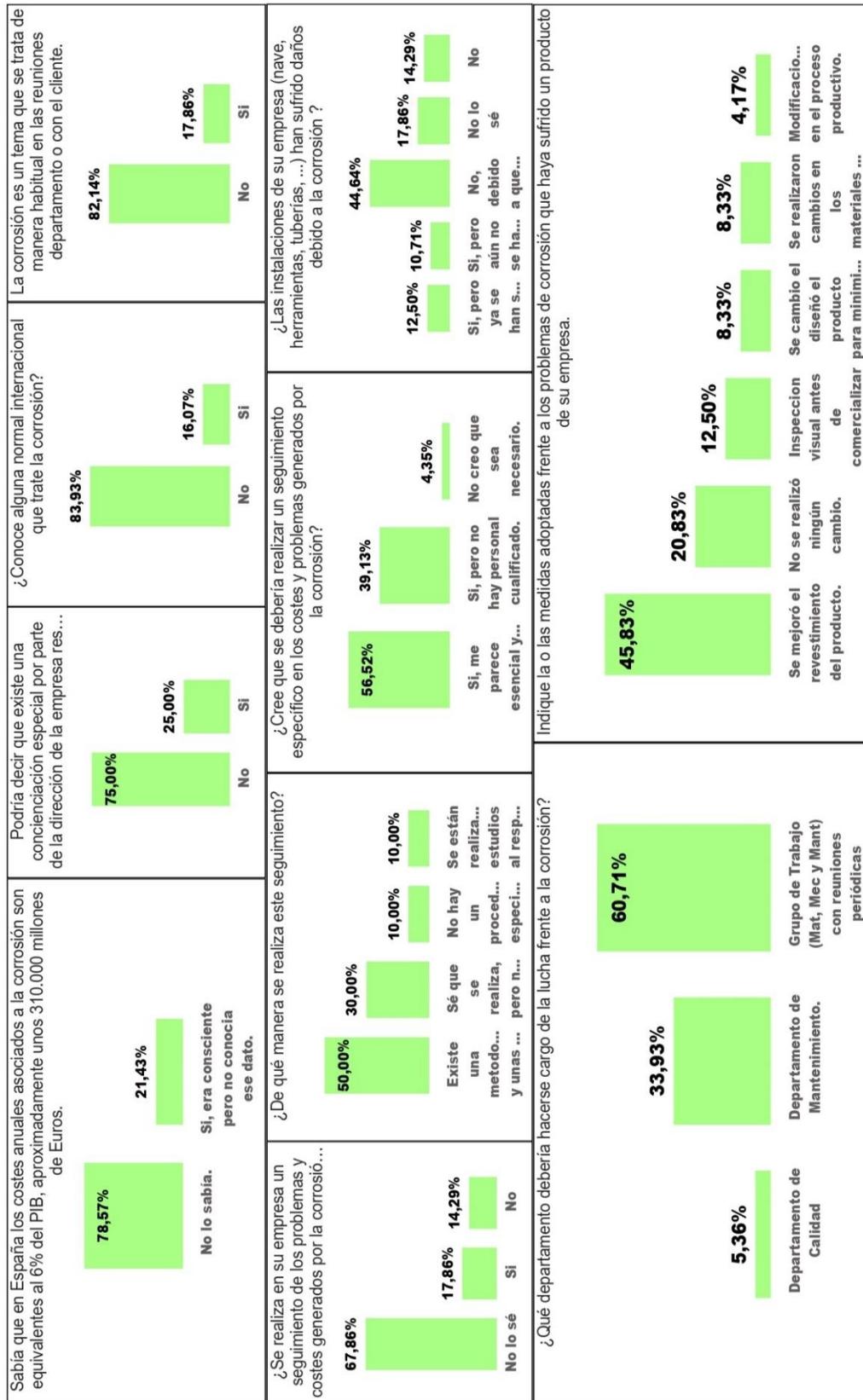


Figura 61. Gráficas del sector de la Producción y Manufactura. (Elaboración propia)

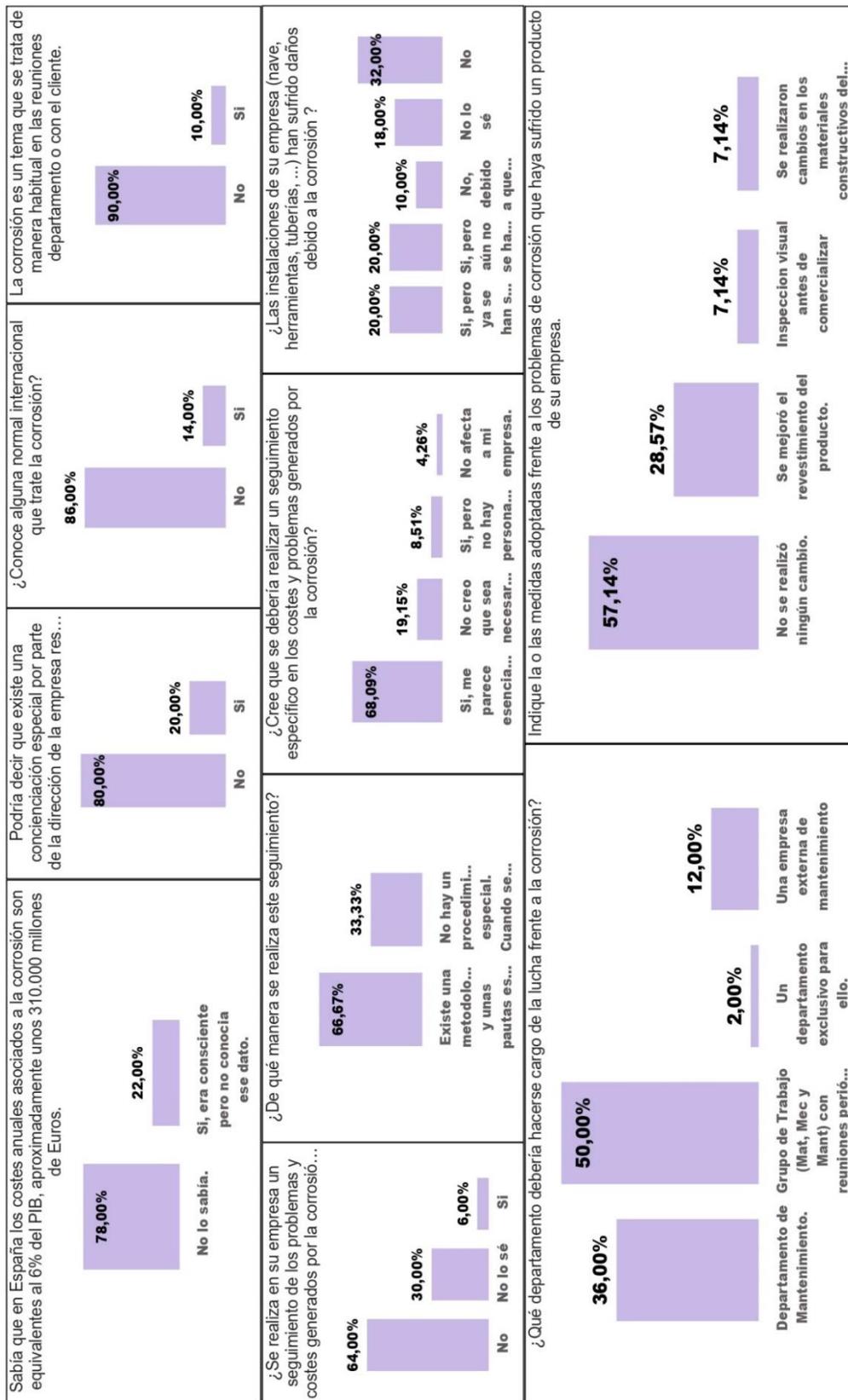


Figura 62. Gráficas del sector de Servicios. (Elaboración propia)

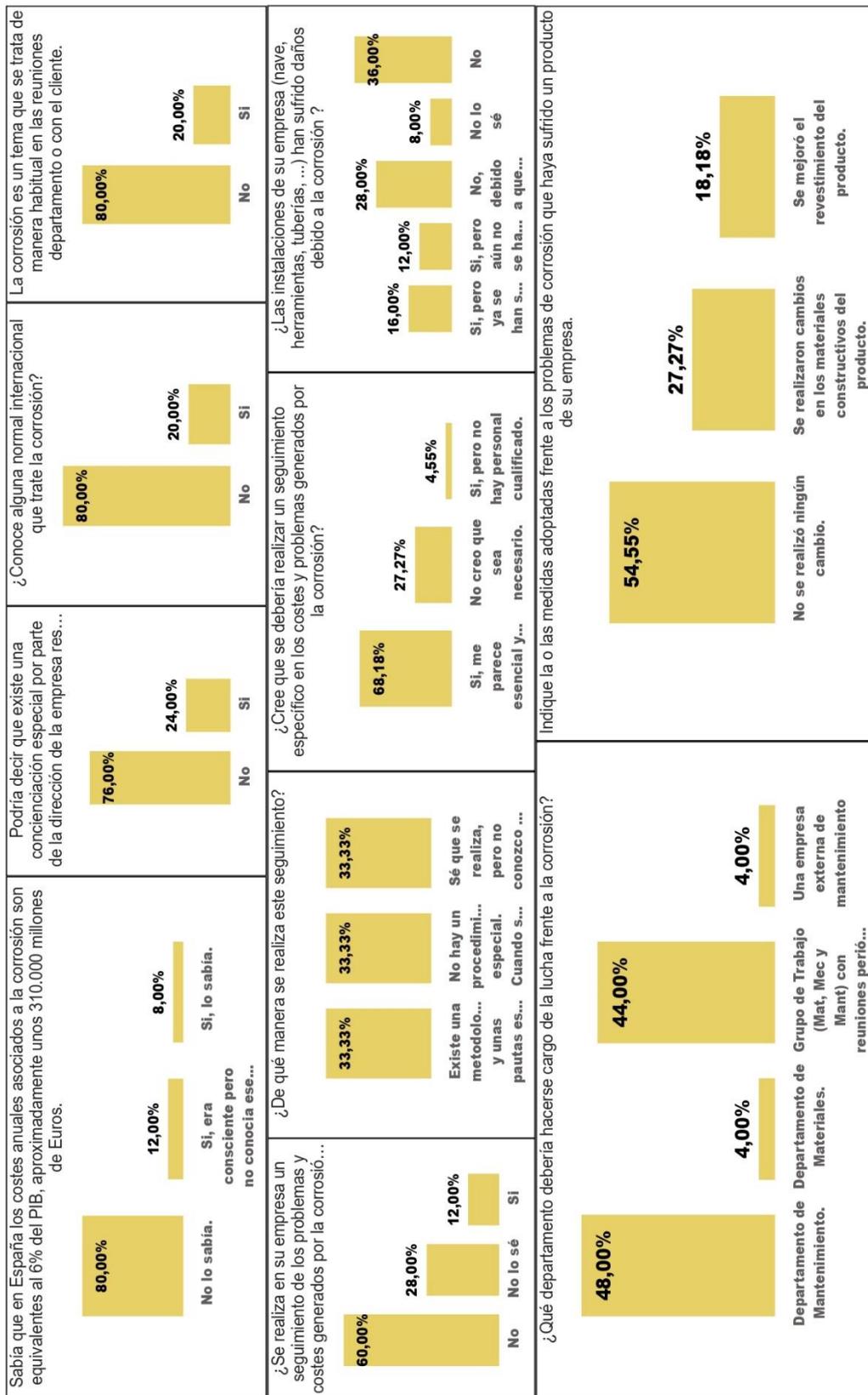


Figura 63. Gráficas del sector de Infraestructuras. (Elaboración propia)

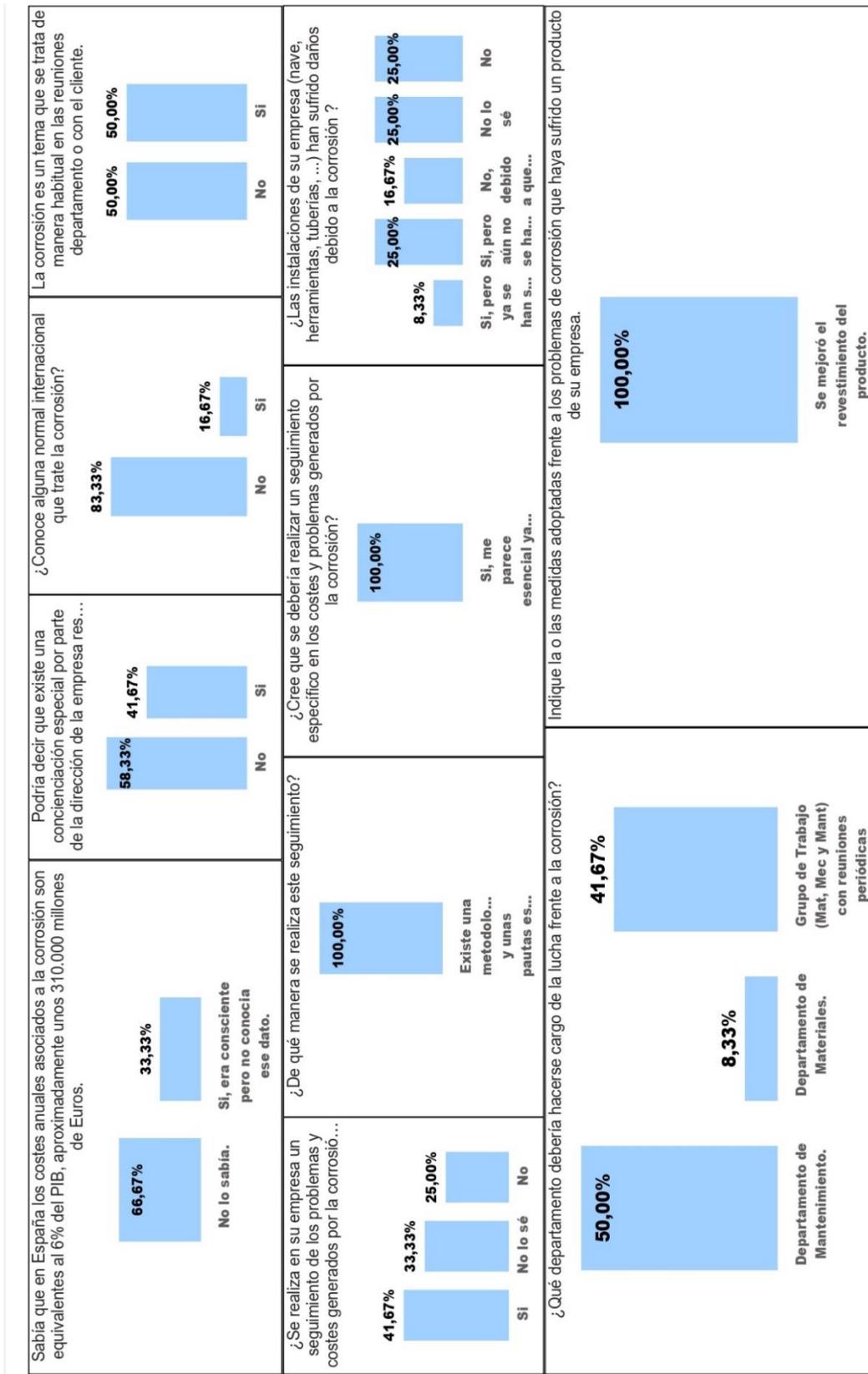


Figura 64. Gráficas del sector de Generación de Energía. (Elaboración propia)



Figura 65. Gráficas del sector de Logística y Transporte. (Elaboración propia)

CAPITULO 5. PROTOCOLO DE IMPLANTACIÓN

Los resultados analizados en el capítulo anterior muestran que, generalmente, en todos los sectores no dan una especial importancia o son desconocedores de los costes y problemas derivados de la corrosión expuestos en los Capítulos 1 y 2 de este trabajo. Las consecuencias de esta falta de concienciación y de conocimiento sobre este fenómeno, conlleva a que anualmente las empresas deban pagar unos elevados costes de productividad, medioambientales, sociales, estéticos y mantenimiento, siendo este último el más conocido; de nuevo resaltar que, cuando se habla de “costes de la corrosión” se contemplan todas las facetas en donde su aparición tiene un impacto.

Habiendo detectado una falta de concienciación y conocimiento por esta temática, y al ser un fenómeno que no solo está presente en las grandes, medianas y pequeñas empresas, sino que también lo encontramos en el quehacer diario (barandillas, escaleras, puertas, ventanas, vehículos, estación de autobuses, comercios, etc.), me resulta atractivo y necesario plantear un método de trabajo que, de una manera pautada y efectiva, permita a las empresas poner en marcha las actuaciones adecuadas para prevenir y atajar el fenómeno de la corrosión.

Así mismo, se hace imprescindible que tanto los estudiantes como los nuevos profesionales de la ingeniería conozcamos los costes e implicaciones económicas, productivas, de imagen corporativa, medioambientales y de seguridad que conlleva la no aplicación de metodologías enfocadas a combatir este fenómeno.

El protocolo que se propone a continuación va orientado al sector de la Producción y Manufactura, más concretamente la Industria Petroquímica. Su objetivo es facilitar a las empresas de este sector, unas pautas de actuación para la implementación de una nueva metodología que permita afrontar los problemas de corrosión de la manera más eficaz y económica posible.

5.1. Apoyo de la Alta dirección

Las políticas por las que se rige una organización están relacionadas, de manera directa, con la preocupación o el conocimiento que tenga sobre el tema objeto de discusión o estudio, la alta dirección o el responsable de la misma, resultando imposible la implantación de una nueva metodología a nivel global sin el apoyo de ésta. Es por este motivo, que el primer hito a conseguir, si se desea establecer unas pautas y una forma de trabajar para hacer frente al fenómeno de la corrosión, será el de conseguir el apoyo de la alta dirección.

Resultaría extraño y paradójico que, uno de los directivos de una determinada compañía, fuese un experto en corrosión pero que no hubiese puesto en marcha un protocolo para combatir este fenómeno. Por ello, y con el fin de que las medidas anticorrosivas, contempladas en distintos métodos de prevención, entren de lleno en la organización de las empresas, se hace necesario una normativa clara y precisa o, en su defecto, unas importantes campañas de concienciación y sensibilización encaminadas a que los empresarios, viendo los beneficios que a largo plazo suponen, las implementen. No hay que olvidar que, el mero hecho de implementar tal metodología de control de la corrosión ya sería una forma directa e indirecta de influir en los beneficios de la empresa.

Una vez detectada esta necesidad, sería conveniente que el tratamiento de esta problemática estuviese presente en el Plan Estratégico General de la empresa. Sólo de esta manera se podrían dotar todos los recursos necesarios, tanto materiales como humanos.

5.2. Estudio del punto de partida de la empresa

Antes de definir e implementar un programa que minimice los efectos de la corrosión, es necesario la realización de un profundo análisis que determine el punto de partida en el que se encuentra la empresa. ¿Está concienciada por el problema de la corrosión?, ¿Es consciente el empresario de que tiene problemas de corrosión?, ¿Ha visto casos de corrosión y no los ha prestado atención?, ¿Ha tenido

reclamaciones por productos?, ¿Es consciente de que la corrosión le causa gastos?, ¿Sus instalaciones han sufrido algún accidente debido a este fenómeno?, etc.

Este informe debería ser realizado por personal altamente cualificado para tal tarea, con conocimientos avanzado de Materiales, particularizando en el ámbito de la corrosión, y, si es posible, con la suficiente experiencia para dotar de capacidad resolutoria ante cualquier problema acaecido. Ahora bien, es probable que la empresa no disponga de tal especialista, por lo que debería contratar los servicios de una empresa externa.

Este estudio analítico sería el primer paso para poder implantar con éxito una metodología y las pautas correspondientes que evalúen los problemas generados por la corrosión, por lo que debería llevarse a cabo minuciosamente. El informe sería la base de datos inicial de nuestra metodología, así como la herramienta de decisión para determinar el orden y urgencia de actuación. En él, se deberían recoger todos los equipos e instalaciones que la empresa poseyera, realizándose una descripción particular de cada uno de ellos que debiera incluir, entre otros:

- Fecha de elaboración del informe y quién lo ha realizado, aportando los datos necesarios que verifiquen su formación y capacitación para elaborarlo.
- Identificación del elemento → En esta información se debería incluir el nombre comercial del elemento, la marca, su número de serie, año de fabricación, colada si la hubiere, sus condiciones teóricas y reales de servicio, año de puesta en marcha y quien realizó su instalación.

También sería recomendable indicar cuál sería el Departamento responsable del mismo.

- Impacto en el proceso productivo → Existen tres categorías:
 1. Alta dependencia → En esta categoría se deberían incluir aquellos elementos que tuvieran una especial importancia en el desarrollo de la actividad productiva de la empresa.
 2. Moderada dependencia → Pertenece a esta categoría todos aquellos elementos que no fueran considerados posibles “cuellos de botella” en

el proceso productivo, pero sí resultarían un perjuicio en la actividad de la compañía.

3. Baja dependencia → A esta última categoría pertenecerían aquellos elementos que no afectan de manera directa al proceso productivo.
- Impacto en la seguridad de los trabajadores y civiles → Existen tres categorías:
 1. Letal → El posible fallo del elemento en cuestión podría provocar la muerte de aquellas personas que se encuentren en sus proximidades.
 2. Accidentes graves → En este caso, quedarían descartadas posibles defunciones, pero el fallo del elemento implicaría importantes consecuencias a aquellas personas que estuviesen en su radio de acción. Este tipo de accidentes podrían ser intoxicaciones, amputaciones o heridas graves.
 3. Cero accidentes → En esta última categoría, no se producirían ni accidentes ni muertes por el fallo del elemento.
 - Impacto medioambiental → Existen tres categorías:
 1. Elevado impacto → Todos aquellos elementos que, debido a su mal funcionamiento, podrían alterar gravemente el ecosistema y la vida de sus seres vivos.
 2. Moderado impacto → Las consecuencias medioambientales no serían graves y fácilmente reversibles si se arregla o sustituye dicho elemento.
 3. Ningún impacto → No existirían consecuencias medioambientales debido a su fallo.
 - Impacto en la imagen de la empresa → Existen tres categorías:
 1. Elevado impacto → La imagen de la empresa se vería gravemente perjudicada, siendo complicado resarcir este hecho a corto-medio plazo. Podría provocar la pérdida de confianza y de clientes.



2. Moderado impacto → Se trataría de un elemento importante, por lo que su fallo implicaría una merma en la imagen de la empresa temporal, sin mayores consecuencias.
 3. Ningún impacto → El fallo del elemento no provocaría ningún perjuicio a la imagen y marca de la empresa.
- Existe corrosión → Dentro de esta categoría existirían dos respuestas posibles: si o no. Si se viera que el elemento sufre corrosión, se determinaría qué tipo de corrosión es, en qué estado se encuentra y cuáles son las medidas que se deberían tomar para eliminar o en su defecto paliar sus efectos.
 1. Estado avanzado → Los niveles de corrosión del elemento serían significativos. Pudiendo afectar sensiblemente a su rendimiento o al desempeño de la función para la que fue diseñado. Sería necesario tomar medidas de mantenimiento de carácter inmediato (mantenimiento reactivo) o proceder a su sustitución por un elemento nuevo.
 2. En proceso → Existiría corrosión en el elemento, pero no afectaría gravemente a su rendimiento o al desempeño para el que fue diseñado. Se deberían tomar medidas de mantenimiento en un corto plazo de tiempo con el fin de poder paliar, controlar y monitorizar la evolución de la corrosión en este elemento (mantenimiento preventivo).

La Figura 66, representa de manera esquemática toda la información expuesta anteriormente.

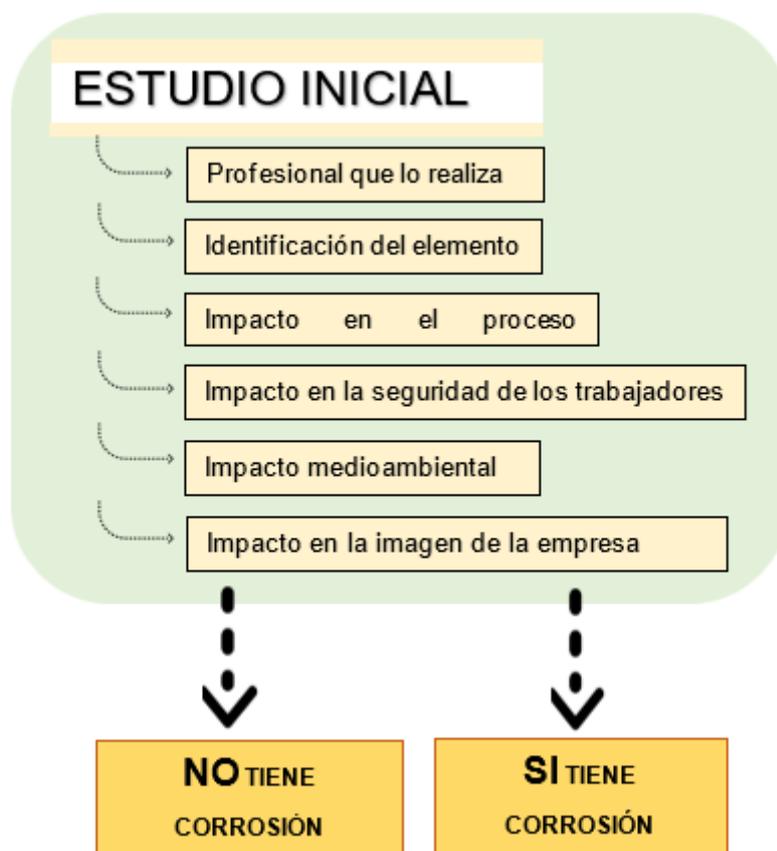


Figura 66. Esquema de los elementos que componen del Estudio Inicial. *(Elaboración propia)*

La empresa, con toda esta información podría valorar el impacto que la corrosión tiene sobre su productividad, costes, calidad del producto y riesgos (ambiental, seguridad, relaciones públicas), así como su imagen. De esta manera se podía tener una fotografía global de cómo estaría afectando el fenómeno de la corrosión a las instalaciones, equipos y productos de la empresa.

Se debería tener en cuenta que la implementación de una nueva metodología exigiría unos recursos iniciales importantes a nivel económico, temporal y humano, por lo que, a la hora de dotar de presupuesto y de medios humanos a este proyecto, la dirección debería estar comprometida y ser realista. Una de las primeras

inversiones que se tendría que realizar, iría encaminada, a la formación de los trabajadores, hecho que se tratará a continuación.

5.3. Concienciación y formación de la plantilla

Una vez que la Alta Gerencia decide incorporar un protocolo de actuación frente a la corrosión, se haría imprescindible la concienciación y la formación adecuada del trabajador, que le permitiría conocer los recursos y nuevas metodologías que fuera a tener que incorporar en su trabajo diario. No se debería olvidar que, entre las responsabilidades de los directivos, se encontraría el implementar programas que capacitasen al personal con una formación adecuada que los posibilite para desarrollar su actividad laboral. Sería fundamental cuidar este aspecto, y dedicarle tanto el tiempo y como los recursos que fueran necesarios, puesto que una dirección concienciada sin una plantilla que trabaje en la misma dirección estaría abocada al fracaso; sólo el entendimiento compartido sobre el cambio garantizará su éxito.

Antes de iniciar el proceso de formación sería necesario determinar las nuevas competencias que debería desarrollar el trabajador. Asimismo, sería importante que se combinara una formación teórica con otra práctica, siempre supervisada por personal cualificado. Esta formación no debería ser un hecho puntual, sino que resultaría fundamental determinar un protocolo que contemplara una formación continua, para estar siempre actualizado y responder a las demandas del mercado. Esto se podría convertir en una ventaja competitiva respecto a aquellas empresas que no las adoptasen, generándose nuevos nichos de mercado para la empresa.

Para la organización y realización de esta formación se podría contar con las asociaciones que luchan contra la corrosión: NACE [25], EFC [26], CSCP [27] o ICC [29], entre otras.

5.4. Reestructuración de la plantilla

En este proceso de formación y concienciación también se debería realizar una cierta reestructuración en la plantilla que se ajustara a la nueva realidad de la empresa. Debido al carácter global que tendría esta nueva metodología, se haría imprescindible que todos los Departamentos fueran partícipes de ella, aportando sus

conocimientos y experiencias generando así, equipos de trabajo multi e interdisciplinares. Para que el funcionamiento propio de los Departamentos no se viera afectado, sería recomendable el refuerzo de la plantilla mediante la contratación de personal cualificado en el ámbito de la corrosión. Este refuerzo, sería visto como un claro mensaje de compromiso de la Alta Dirección hacia la nueva metodología. A continuación, se detallan los puestos que se deberían crear para asegurar la efectiva implementación de una metodología realista, con sentido común y aplicable, en este caso al sector Petroquímico, pudiéndose adaptar a otros.

- Jefe de Corrosión → Este cargo sería el máximo responsable del control e identificación de los problemas de corrosión dentro de la organización. Una de sus principales funciones sería servir de enlace entre la Alta Dirección y los Departamentos; por ello, debería ser capaz de trasladar mensajes e información de manera efectiva a lo largo de todo el protocolo y organización, en tiempo y con toda la información posible, facilitando fotografías, gráficos, informes, etc. Sería necesario que dominara el campo de la corrosión, y además contara con un elevado conocimiento de herramientas de análisis económico, evaluación de riesgos y de sistemas de gestión. Otra de sus responsabilidades sería la toma de decisiones, tanto técnicas como económicas en los casos más graves. Sería de vital importancia que tuviera una dedicación exclusiva a la gestión de esta metodología.
- Especialista de corrosión → Se trataría de un cargo de responsabilidad intermedio que trabajaría “sobre el terreno” y, por lo tanto, más cerca de los componentes e instalaciones. Sería necesario que contase con una elevada experiencia y conocimiento de herramientas de análisis económico, evaluación de riesgos, además debería estar cualificado para poder desarrollar su actividad dentro del Departamento al que esté asignado. Esta figura debería estar presente, al menos una vez, en todos los Departamentos de la Organización, siendo su función principal la elaboración de distintos de informes que recogieran la mayor cantidad de información posible para analizar las estrategias a seguir para abordar un problema de corrosión o la aplicación de estrategias anticorrosión:

1. Informes técnicos y económicos de incidencias.
 2. Informes técnicos y económicos de sustitución.
 3. Informes técnicos y económicos de reparación.
 4. Introducción de los datos de nuevos elementos en la base de datos.
 5. Introducción de los datos de incidentes en la base de datos.
 6. Servir de apoyo directo al Departamento en los temas referidos a la corrosión.
- Jefe de patrulla → Su principal función sería descubrir y encontrar problemas derivados de la corrosión a lo largo de la planta, mientras realizase tareas de mantenimiento o de puesta en marcha. Debería comunicárselos al especialista en corrosión del Departamento correspondiente. Sería el puesto con menor responsabilidad de los actores participantes en esta metodología, pero el correcto desarrollo de sus funciones sería clave para detectar incidencias en sus primeras fases.

Implementar y utilizar una metodología funcional requeriría de unos costes iniciales adicionales, pero a medio y largo plazo, se reducirían los costos operativos y de reparación durante la vida útil de los elementos [61,62].

5.4. Documentación

Uno de los grandes problemas que se generan a la hora de implementar cambios en cualquier entidad, ya sea pública o privada, es la burocracia que, en demasiadas ocasiones implica mucho papeleo y sensación de pérdida de tiempo, retrasando más de lo deseado el momento adecuado de intervención. Esta metodología conllevaría pocos trámites, tan solo se precisarían cinco tipos de documentos.

- Ficha de Elemento → Este archivo tendría una importancia capital en esta metodología, puesto que permitiría almacenar de manera sencilla y cronológica la vida de un elemento determinado de la empresa. En la base de datos existiría una ficha de cada uno de ellos. En ella aparecerían los siguientes datos: N.º referencia y fecha de elaboración, Identificación del

Instalador, Identificación del elemento, Impacto en el económico, Impacto en el proceso productivo, Impacto en la Seguridad de los trabajadores, Impacto Medioambiental, Impacto en la Imagen de la Empresa, Prioridad del elemento, Medidas tomadas en la última revisión y Fecha próxima revisión. Todos ellos quedan desarrollados en la Tabla 3.

La Figura 67, muestra “Ficha de Elemento”, documento que el Técnico debería completar cada vez que se compre un nuevo elemento, ya sea por sustitución o por ampliación. La Figura 68, es un ejemplo de una “Ficha Elemento”, en este caso de un tanque.

El Anexo 6, muestra toda la información que debería facilitarnos el fabricante una vez que le pidamos presupuesto.

En el Anexo 7, se muestra un catálogo real enviado por los proveedores a las fábricas para que compren sus productos. Con este catálogo los especialistas en corrosión y el Jefe de Corrosión deberían tomar las decisiones de compra y sustitución.

Esta información ha sido facilitada por una empresa del sector petroquímico belga.

Tabla 3. Información necesaria para el documento Ficha de Elemento. *(Elaboración propia)*

CAMPO	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	
N.º referencia y fecha de elaboración	Datos imprescindibles para poder conseguir un adecuado historial cronológico dentro de la ficha del elemento	
Identificación del Instalador	Se debe de indicar	Nombre y Apellidos
		Puesto
		Acreditación para realizar la instalación
Identificación del elemento	Se debe de indicar	Marca Comercial del producto
		Número de serie
		Enlace hoja especificaciones
Impacto en el económico	Se debe de indicar su presupuesto y si su impacto es	Elevado
		Moderado
		Bajo
Impacto en el proceso productivo	Se debe de indicar si su impacto es	Elevado
		Moderado
		Bajo
Impacto en la Seguridad de los trabajadores	Se debe de indicar si su impacto es	Elevado
		Moderado
		Bajo
Impacto Medioambiental	Se debe de indicar si su impacto es	Elevado
		Moderado
		Bajo
Impacto en la Imagen de la Empresa	Se debe de indicar si su impacto es	Elevado
		Moderado
		Bajo
Prioridad del elemento	Se debe de indicar si	Elevada
		Moderada
		Baja
Medidas tomadas en la última revisión	Se debe indicar cual/cuales han sido las medidas tomadas en la última revisión, así como la referencia de su informe.	
Fecha próxima revisión	Se debe de indicar la fecha de la siguiente inspección/revisión.	

Nombre del elemento				
Fecha Informe	Fecha Proxima revisión			
Nº de referencia	Area	Tipo Equipo	Identificador	
Datos del elemento				
Marca Comercial	Imagen 1	Imagen 2		
Número de Serie				
Enlace a Hoja de especificaciones				
Datos del Instalador				
Nombre	Puesto			
Acreditación para la instalación				
Prioridad del Elemento				
Impacto Proceso Productivo				
Impacto Seguridad Trabajadores	Prioridad del Elemento			
Impacto Económico				Presupuesto
Impacto Medioambiental				
Impacto en la Imagen de la Empresa				
Medidas tomadas en la última revisión				

Figura 67. Formato tipo del documento: Ficha de Elemento. *(Elaboración propia)*

Nombre del elemento			
Fecha Informe		Fecha Proxima revisión	
15/06/2020		10/12/2020	
Nº de referencia	Area	Tipo Equipo	Identificador
5632-A112	5632	A	112
Datos del elemento			
Marca Comercial			
GSC TANKS			
Número de Serie			
785-958-3621			
Enlace a Hoja de especificaciones			
TANK			
Datos del Instalador			
Nombre		Puesto	
CARLOS PÉREZ		Instalador de GSC TANKS	
Acreditación para la instalación			
Curso de especialista en montaje de GSC TANKS			
Prioridad del Elemento			
Impacto Proceso Productivo	BAJO		
Impacto Seguridad Trabajadores	MODERADA		
Impacto Económico	BAJO	Presupuesto	
Impacto Medioambiental	ALTO		
Impacto en la Imagen de la Empresa	ALTO		
Prioridad del Elemento			
ALTO			
Medidas tomadas en la última revisión			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspección visual 2. Inspección dimensional 3. Inspección líquidos penetrantes a todas las soldaduras 4. Comprobación de la composición del material 5. Hidrotest 6. Pickling y passivating 			

Figura 68. Ejemplo de una Ficha de Elemento rellena. (Elaboración propia)



- Informes Técnicos y Económicos de Incidencias → Esta documentación debería ser elaborada por el especialista de corrosión del Departamento en que se produzca la incidencia. En este informe se debería detallar de manera minuciosa y escueta los datos los siguientes datos: Código y Fecha del informe, Identificación de Técnico responsable de la incidencia, Identificación del elemento, Evaluación de la gravedad, Descripción de la incidencia, Acciones iniciales tomadas, Identificación de la(s) causa(s), Acciones correctivas o preventivas recomendadas y Propuesta(s) de mejora(s). Todos ellos aparecen desarrollados la Tabla 4.

La Figura 69, muestra el “Informe Técnico y Económico de Incidencias”, que sería completado por el Técnico correspondiente cada vez que se le notifique una incidencia.

Tabla 4. Información necesaria para el Informe Técnico y Económico de Incidencias.
(Elaboración propia)

CAMPO	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	
Código y Fecha del informe	Datos imprescindibles para poder conseguir un adecuado historial cronológico dentro de la ficha del elemento	
Identificación de Técnico responsable de la incidencia	Se debe de indicar	Nombre y Apellidos
		Puesto
		Acreditación para realizar la tarea en cuestión
Identificación del elemento	Se debe de indicar	Referencia del Elemento
		Nombre del Elemento
		Nivel de Prioridad
		Enlace hoja especificaciones
		Imagen 1
Evaluación de la gravedad	Se debe determinar el estado de la corrosión	Avanzado
		Moderado
Descripción de la incidencia	<p>Debe de ser concisa y escueta, acompañada por un detallado reportaje fotográfico. Además, se debe de indicar la hora y el técnico que comunico la incidencia.</p> <p>Se deberán realizar todas aquellas pruebas y recogidas de muestras que se consideren necesarias.</p>	
Acciones iniciales tomadas	Se debe de indicar si la incidencia ha provocado	Supervisión del Jefe de Corrosión
		Parada parcial de la actividad del elemento
		Parada total de la actividad del elemento
		Cualquier otra acción tomada
Identificación de la(s) causa(s)	Tras el estudio minucioso de todas las evidencias recogidas, se deben extraer la(s) causa(s) del incidente. Estas pueden tener diferentes orígenes: medio de trabajo, condiciones de trabajo, deficiente diseño, deficiente recubrimiento, etc.	
Acciones correctivas o preventivas recomendadas	Con toda la información mencionada anteriormente, se deben exponer en detalle cuales son las medidas correctivas o preventivas que se proponen para solucionar la incidencia. Cada una de las ellas debe de ir acompañada con su correspondiente justificación técnica, económica, medioambiental, productiva y de seguridad.	
Propuesta(s) de mejora(s)	Se debe indicar cualquier mejora que el técnico considere que pueda paliar o erradicar este tipo de incidencias en un futuro.	

I.T.E.I		REFERENCIA DEL INFORME	
Fecha Informe		Referencia del Elemento	
Datos del Técnico Responsable de la Incidencia			
Nombre		Puesto	
Acreditación para la realización del informe			
Datos del elemento			
Nombre del Elemento		Imagen 1	Imagen 2
Nivel de Prioridad			
Enlace a Hoja de especificaciones			
Evaluación de la gravedad			
Acciones iniciales tomadas			
Identificación de la(s) causa(s)			
Acciones correctivas o preventivas recomendadas			
Propuesta(s) de mejora(s)			

Figura 69. Formato tipo del documento: Informe Técnico y Económico de Incidencias.
(Elaboración propia)

Informes técnicos y económicos de sustitución → Esta documentación debería ser elaborada por el Jefe de Corrosión, debido a que una sustitución por motivos de corrosión se consideraría un hecho grave, pues implicaría un fallo. Ahora bien, no siempre la corrosión implica a un cambio automático del material que constituye la estructura, por lo que habría que hacer un balance exhaustivo y sopesar todas las opciones. Este informe debería detallar de manera minuciosa y escueta los datos: Código y Fecha del informe, Identificación de Técnico responsable de la resolución, Identificación del elemento, Informe de la incidencia, Justificación de la decisión, Presupuesto, Conclusiones, Propuesta(s) de mejora(s), Revisión de la Prioridad y Ficha Completa del Nuevo Elemento. Todos ellos desarrollados en la Tabla 5.

La Figura 70, muestra el “Informe Técnico y Económico de Sustitución”, que sería completado por el Técnico correspondiente cada vez que se determine necesaria la sustitución de un elemento.

Tabla 5. Información necesaria para el Informe Técnico y Económico de Sustitución.
(Elaboración propia)

CAMPO	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	
Código y Fecha del informe	Datos imprescindibles para poder conseguir un adecuado historial cronológico dentro de la ficha del elemento	
Identificación de Técnico responsable de la resolución	Se debe de indicar	Nombre y Apellidos
		Puesto
		Acreditación para realizar la tarea en cuestión
Identificación del elemento	Se debe de indicar	Referencia del Elemento
		Nombre del Elemento
		Nivel de Prioridad
		Enlace hoja especificaciones
		Imagen 1
Informe de la incidencia	Se debe incluir el código del Informe técnico y económico de la incidencia que se trata en el mismo como referencia.	
Justificación de la decisión	A partir de las acciones correctivas y preventivas expuestas en el Informe técnico y económico de la incidencia, se debe de argumentar la necesidad de sustitución y no de reparación, con sus correspondientes justificaciones técnicas, económicas, medioambientales, productivas y de seguridad	
Presupuesto	Se debe de indicar de manera detallada el costo de la sustitución en términos de	Coste del elemento
		Mano de obra
		Pérdida de productividad
		Otros
Conclusiones	Reflexión sobre las enseñanzas obtenidas debido al incidente y a su correspondiente investigación. Deben de ser claras y concisas.	
Propuesta(s) de mejora(s)	Se debe indicar cualquier mejora que el técnico considere que pueda paliar o erradicar este tipo de incidencias en un futuro.	
Revisión de la Prioridad	Se revisa la prioridad del elemento a sustituir debido a que la incidencia ha podido desvelar nuevos datos o sensibilidades respecto al elemento.	
Ficha completa del nuevo elemento	Dato imprescindible, puesto que sirve para que el nuevo elemento se encuentre unido a la historia del anterior, siendo posible la trazabilidad cronológica.	

I.T.E.S		REFERENCIA DEL INFORME	
Fecha Informe		Referencia del Elemento	
Datos del Técnico Responsable de la Incidencia			
Nombre		Puesto	
Acreditación para la realización del informe			
Datos del elemento			
Nombre del Elemento	Imagen 1	Imagen 2	
Nivel de Prioridad			
Enlace a Hoja de especificaciones			
Referencia del Informe Técnico y Económico de Incidencias			
Justificación de la decisión			
Presupuesto			
Conclusiones			
Propuesta(s) de mejora(s)			
Revisión de Prioridad		Referencia del nuevo elemento	

Figura 70. Formato tipo del documento: Informe Técnico y Económico de Sustitución.
(Elaboración propia)

Informes Técnicos y Económicos de Reparación → Esta documentación debería ser elaborada por el especialista de corrosión del Departamento en que se produzca la incidencia. Este informe se debiera detallar de manera minuciosa y escueta los datos: Código y Fecha del informe, Identificación de Técnico responsable de la resolución, Identificación del elemento, Informe de la incidencia, Justificación de la decisión, Presupuesto, Conclusiones, Propuesta(s) de mejora(s), Fecha Próxima Revisión. Todos ellos desarrollados en la Tabla 6.

La Figura 71, muestra el “Informe Técnico y Económico de Reparación”, que sería completado por el Técnico correspondiente cada vez que se determine necesaria la reparación de un elemento.

Tabla 6. Información necesaria para el Informe Técnico y Económico de Reparación.
(Elaboración propia)

CAMPO	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	
Código y Fecha del informe	Datos imprescindibles para poder conseguir un adecuado historial cronológico dentro de la ficha del elemento	
Identificación de Técnico responsable de la resolución	Se debe de indicar	Nombre y Apellidos Puesto Acreditación para realizar la tarea en cuestión
Identificación del elemento	Se debe de indicar	Referencia del Elemento Nombre del Elemento Nivel de Prioridad Enlace hoja especificaciones
		Imagen 1
Informe de la incidencia	Se debe incluir el código del Informe técnico y económico de la incidencia que se trata en el mismo como referencia.	
Justificación de la decisión	A partir de las acciones correctivas y preventivas expuestas en el Informe técnico y económico de la incidencia, se debe de argumentar la necesidad de reparación y no de sustitución, con sus correspondientes justificaciones técnicas, económicas, medioambientales, productivas y de seguridad.	
Presupuesto	Se debe de indicar de manera detallada el costo de la sustitución en términos de	Coste de reparación
		Mano de obra
		Pérdida de productividad
		Otros
Conclusiones	Reflexión sobre las enseñanzas obtenidas debido al incidente y a su correspondiente investigación. Deben de ser claras y concisas.	
Propuesta(s) de mejora(s)	Se debe indicar cualquier mejora que el técnico considere que pueda paliar o erradicar este tipo de incidencias en un futuro.	
Fecha próxima revisión	Se debe de indicar la fecha de la siguiente revisión.	

I.T.E.R		REFERENCIA DEL INFORME	
Fecha Informe		Referencia del Elemento	
Datos del Técnico Responsable de la Incidencia			
Nombre		Puesto	
Acreditación para la realización del informe			
Datos del elemento			
Nombre del Elemento			
Nivel de Prioridad		Imagen 1	Imagen 2
Enlace a Hoja de especificaciones			
Referencia del Informe Técnico y Económico de Incidencias			
Justificación de la decisión			
Presupuesto			
Conclusiones			
Propuesta(s) de mejora(s)			
Fecha Próxima Revisión			

Figura 71. Formato tipo del documento: Informe Técnico y Económico de Reparación.
(Elaboración propia)

Informe Favorable → Esta documentación debería ser elaborada por el especialista de corrosión del Departamento en que se produzca la inspección. En este informe también se debiera detallar y recoger de manera minuciosa, exhaustiva y escueta los siguientes datos: Código y Fecha del informe, Identificación de Técnico responsable del informe, Identificación del elemento, Técnicas y herramientas empleadas, Resultados, Propuesta(s) de mejora(s) y Fecha próxima revisión. Todos ellos desarrollados en la Tabla 7.

La Figura 72, muestra el “Informe Favorable”, que sería completado por el Técnico correspondiente después de la inspección favorable de cualquier elemento. La Figura 73, es un ejemplo de un “Informe Favorable”, en este caso de un tanque.

Tabla 7. Información necesaria para el Informe Favorable. *(Elaboración propia)*

CAMPO	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	
Código y Fecha del informe	Datos imprescindibles para poder conseguir un adecuado historial cronológico dentro de la ficha del elemento	
Identificación de Técnico responsable del informe	Se debe de indicar	Nombre y Apellidos Puesto Acreditación para realizar la tarea en cuestión
Identificación del elemento	Se debe de indicar	Referencia del Elemento Nombre del Elemento Nivel de Prioridad Enlace hoja especificaciones
		Imagen 1
Técnicas y herramientas empleadas	Se deben indicar las técnicas y herramientas empleadas en la realización de la inspección.	
Resultados	Se deben indicar los resultados obtenidos de manera clara y escueta.	
Propuesta(s) de mejora(s)	Se debe indicar cualquier mejora que el técnico considere que pueda paliar o erradicar incidencias en un futuro	
Fecha próxima revisión	Se debe de indicar la fecha de la siguiente revisión.	

INFORME FAVORABLE		REFERENCIA DEL INFORME	
Fecha Informe			Referencia del Elemento
Datos del Técnico Responsable de la Incidencia			
Nombre			Puesto
Acreditación para la realización del informe			
Datos del elemento			
Nombre del Elemento	Imagen 1		Imagen 2
Nivel de Prioridad			
Enlace a Hoja de especificaciones			
Técnicas y Herramientas Empleadas			
Resultados			
Propuesta(s) de mejora(s)			
Fecha Próxima Revisión			

Figura 72. Formato tipo del documento: Informe Favorable. *(Elaboración propia)*

INFORME FAVORABLE		REFERENCIA DEL INFORME
Fecha Informe	30/06/2020	Referencia del Elemento
		5632-A108
Datos del Técnico Responsable de la Incidencia		
Nombre	CARLOS PÉREZ	Puesto
		ING. ESPECIALISTA EN CORROSIÓN
Acreditación para la realización del informe		
GRADUADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL		
Datos del elemento		
Nombre del Elemento	GSC TANKS	
Nivel de Prioridad	ALTO	
Enlace a Hoja de especificaciones	TANK	
Técnicas y Herramientas Empleadas		
<p>1. Inspección visual exterior 2. Pruebas no destructivas 2.1. Inspección visual del interior con el tanque vaciado y bloqueado 2.2 15 mediciones aleatorias del espesor de la pared del tanque 2.3 Rayos X en zonas críticas (boquillas y juntas) 2.4 Líquidos penetrantes</p>		
Resultados		
<p>1. Inspección visual exterior --> SIN INCIDENCIAS 2. Pruebas no destructivas 2.1. Inspección visual del interior con el tanque vaciado y bloqueado --> SIN INCIDENCIAS 2.2 15 mediciones aleatorias del espesor de la pared del tanque --> SIN INCIDENCIAS 2.3 Rayos X en zonas críticas (boquillas y juntas) --> SIN INCIDENCIAS 2.4 Líquidos penetrantes --> SIN INCIDENCIAS</p>		
Propuesta(s) de mejora(s)		
Las uniones entre las boquillas y el cuerpo del tanque deberían tener una menor uniformidad para minimizar el riesgo de corrosión en estos puntos críticos.		
Fecha Próxima Revisión		
15/01/2021		

Figura 73. Ejemplo rellenado de Informe Favorable. (Elaboración propia)

Estos documentos deberían encontrarse dentro de la Ficha del Elemento, lo que implicaría establecer una base de datos específica en las empresas. Cada vez que existiese una incidencia en un elemento determinado, se podría realizar de manera sencilla y efectiva una trazabilidad de los problemas, tratamientos e incidencias que con anterioridad hubiera tenido ese elemento para optimizar todo el protocolo de abordar un nuevo problema de corrosión o bien, adoptar las correctas medidas de protección tras la inspección correspondientes.

Esta información debería estar disponible físicamente, pero también se podría tener acceso a ella mediante un servicio de datos en la plataforma Dropbox. Al tratarse de datos delicados, no todos los trabajadores debieran disponer de ella.

5.5. Implementación

Una vez realizado el análisis del punto de partida, sería el momento de definir e implementar un programa que diera respuesta a los problemas planteados por la corrosión. La base de datos de la empresa recogería las prioridades que tiene cada elemento:

- Prioridad Elevada.
- Prioridad Moderada.
- Prioridad Baja.

Esta clasificación se basaría en los datos recogidos sobre: el impacto en el proceso productivo, el impacto en la seguridad de los trabajadores, el impacto medioambiental, el impacto en la imagen de la empresa y el económico. Todos ellos constituirían los “costes de la corrosión”. Cada caso se debería tratar de manera individualizada, ya que la función y situación de cada elemento sería única en la empresa y, por lo tanto, también lo serían las ponderaciones que se debieran dar a cada categoría.

El proceso por el que se establecerían las prioridades debería ser realizado por el Jefe de Corrosión junto con un Departamento multi e interdisciplinar. Una vez realizada esta priorización, sería el primero el que realizara una exposición de los casos más significantes a la Alta Dirección. En esta revisión se podría decidir

incrementar la prioridad de alguno de los elementos, nunca disminuirla, ya que desprestigiaría el criterio de los Departamentos y podría generar fricciones a la hora de implementar el método.

Al encontrarse toda la información almacenada en Dropbox y en los servidores de la empresa, los encargados de la realización de las revisiones periódicas recibirían un correo o una notificación indicándoles qué elemento debieran revisar y su historial. Para la realización de esta revisión se emplearían las herramientas y técnicas especificadas en su ficha. Remarcar que el resultado podría ser que positivo o negativo, esto es, que la pieza objeto de estudio, tuviera o no corrosión. En este último caso, la metodología estipularía que únicamente sería necesario la elaboración del Informe Favorable, así como se establecería la fecha para la siguiente revisión. Todos estos datos se deberían cargar y guardar en la base de datos para que se mantuviera actualizada, y que el sistema pudiera indicar cuando se debería realizar la próxima revisión. Si el resultado de la revisión fuera desfavorable, es decir, existiera corrosión en el elemento, la metodología establecería diferentes procedimientos a adoptar, según la prioridad que tuviera el elemento, tal y cómo se detalla a continuación.

5.5.1. Prioridad elevada

Sería el nivel de prioridad más elevado que se puede establecer. Dentro de esta casuística se podrían encontrar dos casos, según el nivel de corrosión que sufriera el elemento:

Corrosión en estado muy avanzando

Este caso sería el más grave al que se podría enfrentar una empresa ya que, el elemento o componente metálico revisado, pudiera tener un carácter prioritario para el adecuado funcionamiento de la empresa y, a su vez, sufriera graves problemas de corrosión. Debido al riesgo existente, se debería informar de manera inmediata al Jefe de Corrosión para que inspeccionase *in situ* el elemento. Así mismo, habría que determinar si pudiese proseguir con la actividad normal de la empresa o se debería realizar una parada de emergencia en toda la zona o acotada a la que se encontrase el elemento corroído.

Después de esta decisión, el especialista de corrosión del Departamento implicado debería realizar un Informe técnico y económico de incidencias. Este documento sería entregado al Jefe de Corrosión para que evaluara mediante criterios técnicos y económicos si fuera necesario realizar la sustitución o la reparación del elemento. La recomendación de la metodología es que, en estos casos de alta prioridad y elevado grado de corrosión, siempre se opte por su sustitución, priorizando los motivos de seguridad, medioambientales, productividad e imagen de la empresa. Desafortunadamente, no siempre será posible tal desembolso, por lo que la Alta Dirección, con el asesoramiento del Jefe de Corrosión decidiría si se realiza a la sustitución o la reparación.

Con esta decisión tomada, se realizaría un Informe técnico y económico de sustitución o un Informe técnico y económico de reparación. Una vez sustituido o reparado, los datos se deberían introducirse en la base de datos para mantenerla actualizada. En la Figura 74, se muestra el árbol de decisión aplicable a este caso.

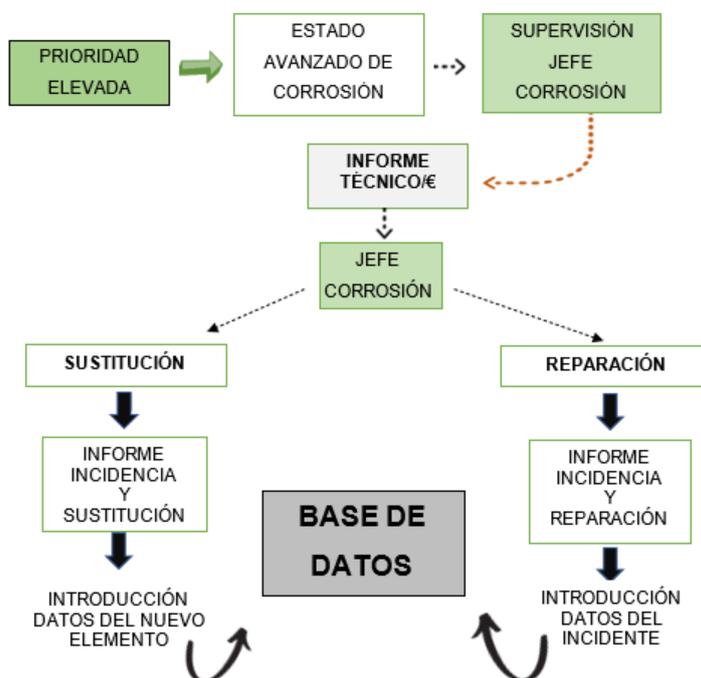


Figura 74. Árbol de decisión del caso: Prioridad Elevada y Estado de Corrosión Avanzado. *(Elaboración propia)*

Corrosión en estado moderado

En este caso, no sería necesario informar de manera inmediata al Jefe de Corrosión. El técnico que detectase esta incidencia introduciría los datos en la base de datos desde su Tablet o *smartphone* y el especialista de corrosión recibiría un aviso indicándole que debería acudir a ver ese elemento, una vez inspeccionado, elaboraría un Informe técnico y económico de incidencias.

El encargado de decidir la medida más adecuada a tomar sería el Jefe de Corrosión, puesto que se trata de un elemento con una prioridad elevada. La decisión que tomase este responsable se debería basar en motivos económicos y/o técnicos. Dependiendo de cuál sea, se realizaría un Informe técnico y económico de sustitución o un Informe técnico y económico de reparación. Una vez sustituido o reparado, los datos se deberían introducir en la base de datos para mantenerla actualizada. En la Figura 75, se muestra el árbol de decisión para este caso en particular.

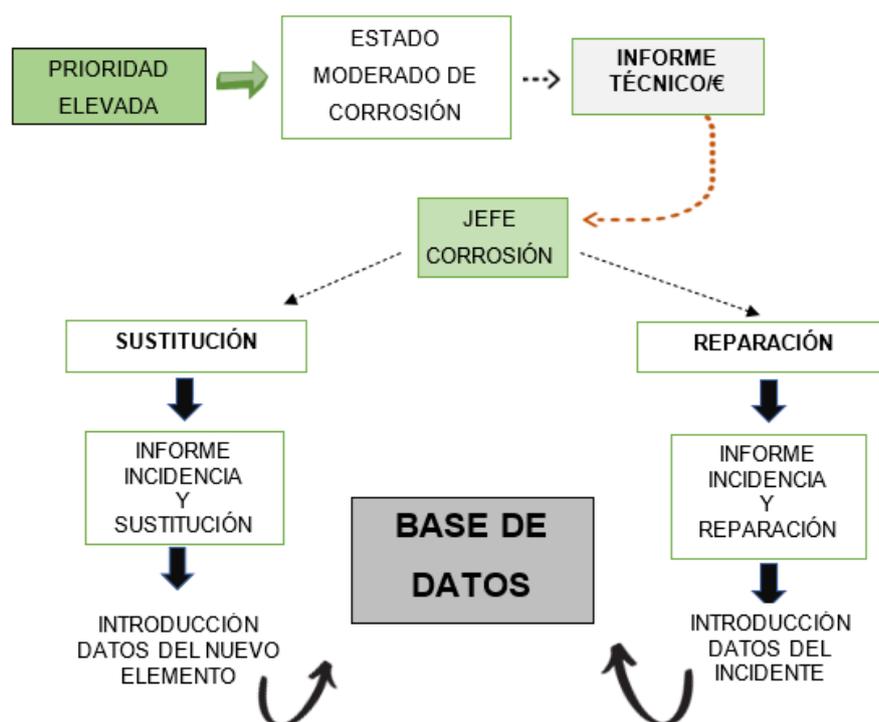


Figura 75. Árbol de decisión del caso: Prioridad Elevada y Estado de Corrosión Moderado. *(Elaboración propia)*

5.5.2. Prioridad moderada

Sería el nivel intermedio de prioridad para la empresa, por lo que se tratarían de elementos importantes para el correcto funcionamiento de la organización. En función del nivel de corrosión que sufriera el elemento, ésta podría estar en estado avanzado o moderado.

Corrosión en estado avanzado

En este caso, el técnico que realizase la inspección y detecte esta problemática, introduciría los datos en la base de datos desde su Tablet o smartphone y el especialista de corrosión recibiría un mensaje, por lo que se acercaría al lugar y elaboraría un Informe técnico y económico de incidencias. Este informe debería indicar en detalle cuales son las medidas correctivas o preventivas que se propondrían para solucionar la incidencia. Cada una de ellas debería ir acompañada con su correspondiente justificación técnica, económica, medioambiental, productiva y de seguridad.

Tanto el especialista en corrosión como el Jefe del Departamento afectado serían los encargados de tomar la decisión sobre las medidas a adoptar; debería de ser comunicada y aprobada por el Jefe de Corrosión, dada la relevancia de su naturaleza. Como ya se ha dicho anteriormente, la recomendación de la metodología es que, en estos casos de relativa prioridad y elevada corrosión, siempre se optará por su sustitución, priorizando los motivos de seguridad, medioambientales, productividad e imagen de la empresa.

Dependiendo de cuál sea su decisión, se realizaría un Informe Técnico y Económico de Sustitución o un Informe Técnico y Económico de Reparación. Una vez sustituido o reparado, los datos se deberían introducir en la base de datos para mantenerla actualizada. En la Figura 76, se muestra el árbol de decisión para este caso.

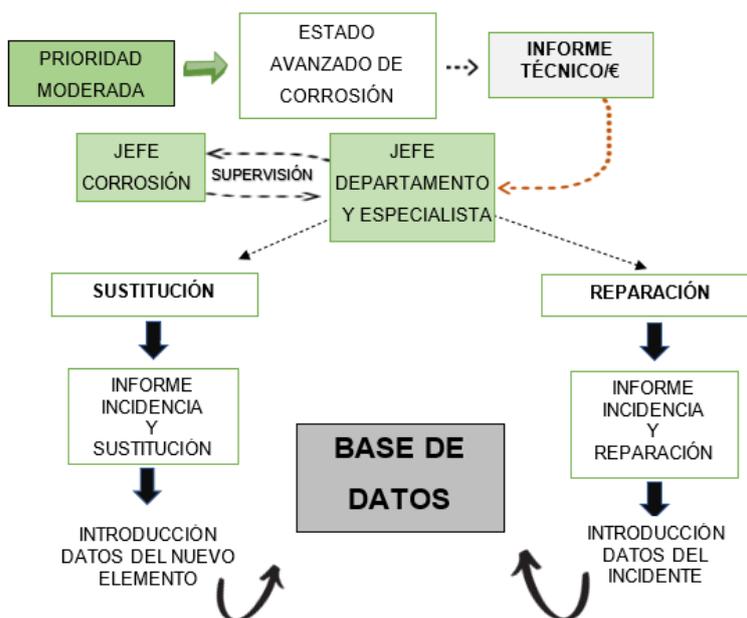


Figura 76. Árbol de decisión del caso: Prioridad Moderada y Estado de Corrosión Avanzado. *(Elaboración propia)*

Corrosión en estado moderado

En este caso la comunicación y elaboración del Informe Técnico y Económico de Incidencias se realizarían del mismo modo que en el caso anterior. La única diferencia que existiría en este procedimiento es que la decisión final de la medida a adoptar, sustitución o reparación, recaería sobre el especialista y el Jefe de Departamento correspondiente. En la Figura 77, se muestra el árbol de decisión para este caso particular.

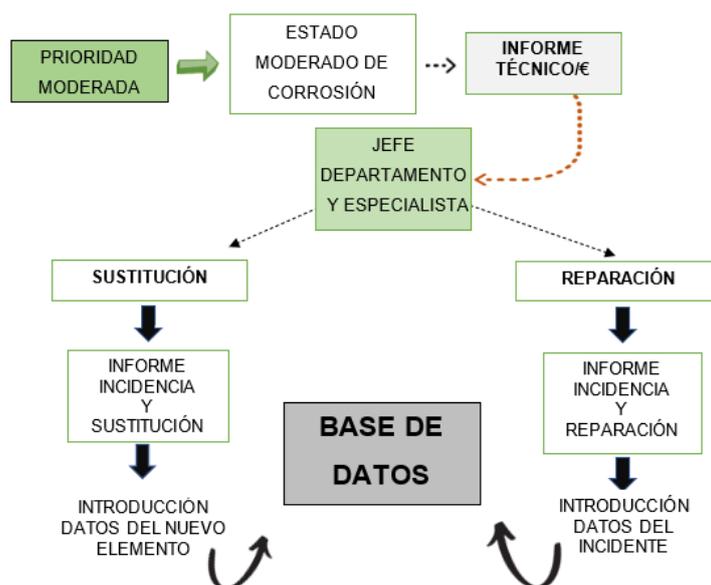


Figura 77. Árbol de decisión del caso: Prioridad Moderada y Estado de Corrosión Moderado. (Elaboración propia)

5.5.3. Prioridad baja

Sería el nivel más bajo de prioridad para la empresa, por lo que en esta categoría se encontrarían elementos que no afectan significativamente al desarrollo de la actividad de la misma. Por ello la empresa los asumiría con sus propias herramientas y conocimientos. En este caso, según el nivel de corrosión que sufriera el elemento, se actuaría de la siguiente manera:

Corrosión en estado avanzado y moderado

La detección de tipo de incidencias sería realizada por el Jefe de Patrulla cuando se encontrara realizando labores de mantenimiento o de puesta en marcha. En este el procedimiento a seguir sería el mismo para los dos casos.

Cuando se tratase de un elemento con corrosión en estado avanzado, el Jefe de Patrulla podría consultar al especialista del Departamento afectado, con el fin de llegar a la solución óptima. En el caso de que la corrosión se estuviera en un estado moderado, el Jefe de Patrulla se encontraría suficientemente capacitado como para

solventar el problema, gracias a su experiencia y formación en tal ámbito. En la Figura 78, se muestra el árbol de decisión para este caso particular.

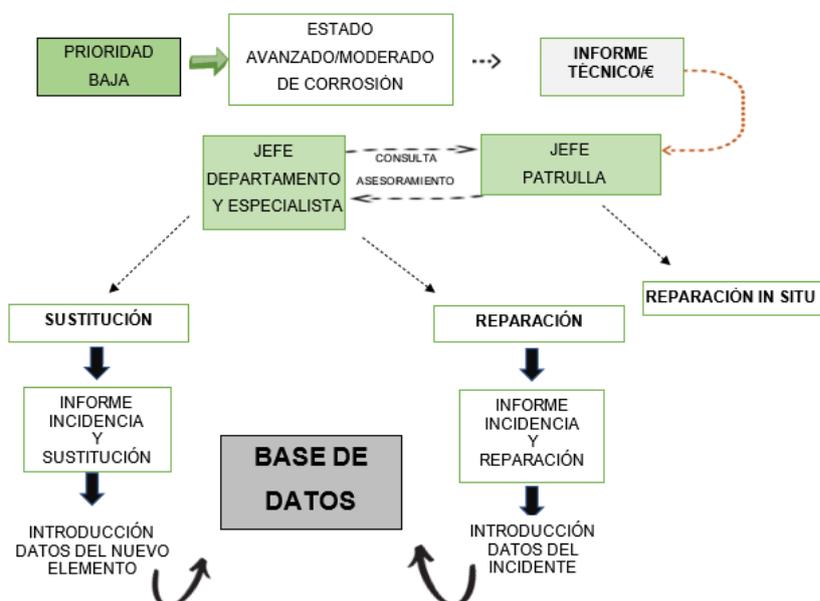


Figura 78. Árbol de decisión del caso: Prioridad Baja y Estado de Corrosión Avanzado/Moderado. *(Elaboración propia)*

El objetivo final de esta metodología, basada en el estudio de las incidencias y la recogida de los datos, sería la generación de una base de datos, lo suficientemente extensa y variada que permitiera afrontar la lucha frente a la corrosión con un enfoque predictivo y preventivo [63-66], evitando las acciones de mantenimiento correctivo.

Por otra parte, el mantenimiento predictivo [63-66] es una forma más elevada de mantenimiento preventivo, basado en la inspección periódica y el monitoreo de daños por corrosión. Esta forma de mantenimiento requiere un alto grado de compromiso, pero genera grandes resultados en el control de la corrosión, reduciendo los costes de mantenimiento considerablemente. La Figura 79, refleja de manera esquemática la metodología propuesta en el Proyecto como ejemplo para implementar en una empresa de tipo Petroquímica y extrapolable a cualquier otro sector con unas mínimas adaptaciones

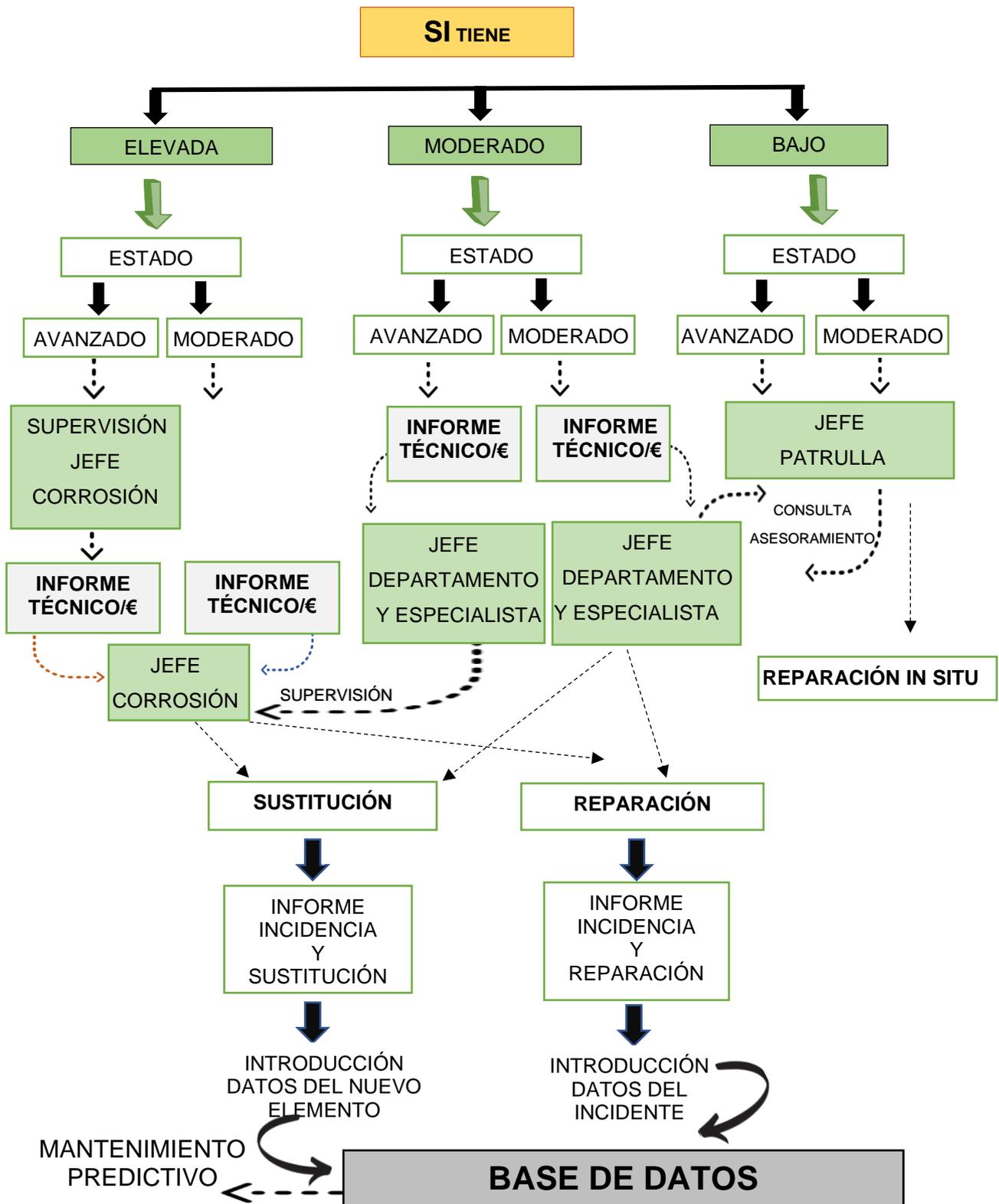


Figura 79. Esquema de la metodología propuesta en el Proyecto como ejemplo para implementar en una empresa de tipo Petroquímica. (Elaboración propia)

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Después de un estudio pormenorizado del estado del arte en los ámbitos de investigación, costes y concienciación, me he dado cuenta del enorme impacto que el fenómeno de la corrosión ejerce sobre numerosos terrenos como: el económico, el medioambiental, el productivo, la imagen corporativa o la seguridad, todos ellos constituyen “los costes de la corrosión”. Las conclusiones extraídas de este proyecto se dividen en tres grandes bloques: generales, encuesta y metodología.

6.1. Conclusiones generales

- 1) La problemática de la corrosión de los materiales podría parecer, a priori, exclusiva de ciertas industrias, como la química, marina o la construcción, pero, realmente afecta, en mayor o menor medida, no solo a todos los sectores industriales, sino que también está presente en la vida diaria del ciudadano.
- 2) Un mayor control y conocimiento sobre la corrosión implicaría una mejor utilización de los recursos minerales de la Tierra. Se estima que el 25% de la producción anual de acero es destruida por la corrosión [1].
- 3) La corrosión no puede ser erradicada, pero sí puede ser controlada. Por ello, cuando una empresa tiene problemas de corrosión, es un claro indicativo de que tiene deficiencias en el mantenimiento, aspecto que, indudablemente, en un futuro, conllevará consecuencias graves para la misma.
- 4) La sensibilización de las empresas sobre los problemas y las pérdidas económicas, medioambientales, de seguridad e imagen ocasionadas por el fenómeno de la corrosión es muy escasa. Las empresas que no reservan ningún recurso para combatir la corrosión, tarde o temprano, se encontrarán con graves problemas no solo económicos, sino también de producción y seguridad.
- 5) Las pérdidas que ocasionan los fenómenos derivados de la corrosión pueden ser directas, cuyo coste es sencillo de calcular pues va ligado a la reposición o reparación de equipos, estructuras, maquinaria o componentes afectados, o indirectas, en cuyo caso sus pérdidas son complejas de calcular ya que van

unidas a paradas totales o parciales de producción, a la pérdida de productividad, a la asunción de responsabilidades tanto penales como civiles, etc.

- 6) Cuando una empresa es consciente de la gravedad de los problemas que genera la corrosión y, a su vez, aplica una metodología para mitigar sus efectos, puede no sólo actuar antes y mejor ante ellos aplicando medidas preventivas, sino que, además, podrá tener un mejor desempeño a lo largo de los años, reduciendo las pérdidas que ocasiona este fenómeno. Estudios realizados estiman que estas pérdidas se pueden reducir entre un 25% y 30% [6].
- 7) No dedicar recursos para combatir la corrosión, conlleva no sólo problemas económicos, sino también de producción, seguridad, medioambientales y de imagen para la empresa, englobado en lo que se conoce como “costes de la corrosión”.
- 8) Existe poca literatura sobre los impactos: económicos, sociales, medioambientales y de estética que genera el fenómeno de la corrosión. La falta de investigaciones puede ser debida a que es necesario que empresas y las organizaciones deben dejar de tratar el tema de corrosión únicamente desde un punto de vista técnico y, hacerlo como una política de empresa. Es el caso de las metodologías de producción “Just inTime”, que no se aborda el problema desde un punto de técnico, sino que se realiza desde el punto de vista global de la organización.
- 9) Las Universidades y Organizaciones educativas, tanto públicas como privadas, no tienen planes adecuados para formar a profesionales que dominen el campo de la corrosión y que, por tanto, puedan ayudar a las empresas a combatir los problemas que genera.

Estas conclusiones generales no distan mucho de las que se pueden extraer de los datos obtenidos de la encuesta y que a continuación detallo.

6.2. Conclusiones particulares

La encuesta ha sido contestada por 102 empresas nacionales e internacionales, pertenecientes a diferentes sectores de producción tanto de titularidad pública como privada. De manera generalizada, se puede extraer la siguiente conclusión: no tienen ni una concienciación, ni protocolos específicos de actuación frente al fenómeno de la corrosión.

- 10) Las empresas públicas con un 80% y las privadas con un 76% de los encuestados manifiestan que no son conscientes del enorme coste económico que suponen los problemas de corrosión.
- 11) Existe también unanimidad en los encuestados de los distintos sectores, manifestando el 75% de ellos la no existencia de una concienciación especial por parte de la dirección de las empresas para atajar el problema de la corrosión. Este aspecto resulta altamente preocupante y refuerza la idea, ya expuesta, a lo largo del Proyecto de la necesidad que existe de concienciar y formar tanto a la Alta Dirección, que son los que tienen las herramientas para actuar, como a los dirigentes políticos cuya función es legislar.
- 12) El 84% de las empresas privadas y el 93% de las públicas, no realizan ningún tipo de seguimiento frente al fenómeno de la corrosión.
- 13) Cuando se detecta un problema de corrosión, en el Sector Público 62.5% de las veces no se actúa de ninguna manera para mitigar sus efectos o erradicarlos, frente al 31.11% del Sector Privado.
 - Cuando se toman medidas frente a la corrosión, el “modus operandi” es diferente en el sector privado y en el público; en el primero, se mejora el revestimiento del componente o estructura metálica en el 42% de los casos, frente al 12% del público, mientras que se realizan cambios de los materiales en el 9% de los productos de las empresas privadas frente al 25% de las públicas.

Este dato conlleva a deducir que el Sector Público toma medidas de manera menos habitual y, cuando las toma tienen un carácter más drástico.

- 14) El sector de Generación de Energía es en el que un mayor porcentaje de trabajadores (42%), afirman que en su empresa existe un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión. Los demás Sectores encuestados han respondido afirmativamente con los siguientes porcentajes: Producción y Manufactura (17.86%), Servicios (6%), Infraestructuras (12%) y Transporte y Logística (0%).
- 15) El 40% de los encuestados del Sector de la Producción y Manufactura considera que no se realiza un seguimiento de los costes y problemas generados por la corrosión debido a la falta de personal cualificado.
- 16) En el sector de la Producción y Manufactura la importancia que se le da a las labores de mantenimiento conlleva que los daños producidos por la corrosión sean menores que en los otros sectores analizados con un 44%, seguido del Sector de las Infraestructuras con un 26%.
- 17) Resulta interesante ver que el sector de la Producción y Manufactura es el único que, con un porcentaje del 8%, determina cambiar el diseño del producto para minimizar los problemas de corrosión.
- 18) Se podría determinar que, la Producción y Manufactura es el Sector con más acierto a la hora de afrontar el problema de la corrosión, pero tiene unas enormes deficiencias respecto al seguimiento y la concienciación. Los demás sectores no actúan ni consideran la corrosión como un agente perjudicial para su actividad.

Estas conclusiones, me reafirman en la necesidad de crear una metodología eficaz y global mediante la cual las empresas sean capaces de controlar, cuantificar y mejorar sus actuaciones frente a la corrosión.

5.3. Conclusiones sobre la implantación de la metodología

- 19) El apoyo de la Alta Dirección es imprescindible para la eficaz implantación de esta metodología, es por ello necesario que se les exponga de manera clara y sencilla, mediante un lenguaje no técnico, todos los beneficios: medioambientales, económicos, productivos, de imagen corporativa y de seguridad que tiene para su organización esta metodología
- 20) La implantación de una nueva metodología exige recursos iniciales importantes a nivel económico, temporal y humano.
- 21) La metodología debe ser un instrumento ágil con el que la empresa pueda tomar medidas de manera rápida y efectiva, evitando el exceso de papeleo y burocracia.
- 22) Se hace imprescindible la existencia de la figura “Jefe de Corrosión”, líder de un equipo multi e interdisciplinar de especialistas de este campo. Este equipo sería el encargado de establecer las prioridades de todos los elementos de la empresa.
- 23) Se debe poder realizar de manera sencilla y efectiva una trazabilidad de los problemas, tratamientos e incidencias anteriores que haya tenido cualquier elemento para optimizar el protocolo de corrosión o bien para adoptar las correctas medidas de protección tras la inspección correspondiente.
- 24) Tener una buena base de datos actualizada es fundamental ya que con el tiempo irá aumentando su tamaño y, por lo tanto, la información útil que tiene la empresa para combatir la corrosión (medidas correctivas, mejoras, tratamientos, monitorización). Todos estos datos deben ser tratados y estudiados para minimizar las acciones de mantenimiento correctivo en favor de las medidas preventivas y predictivas.
- 25) El estudio sobre la concienciación, conocimiento y actuación de las empresas frente al fenómeno de la corrosión desarrollado en este proyecto, así como la metodología propuesta, debería servir a las empresas como reflexión de su actitud frente a este fenómeno. Así mismo, en el caso de que una empresa no



tuviera una metodología para hacer frente a tal fenómeno debería implementarla de manera inmediata y aquellas que sí la tuvieran definida, sería conveniente que realizaran una revisión en profundidad de la misma con el fin de determinar cómo se está llevando a cabo y si se están siguiendo las directrices planteadas por esta metodología.

26) Como última conclusión, me gustaría resaltar que resulta incomprensible que un fenómeno que tiene tal grado de incidencia en los quehaceres diarios de las empresas y de la sociedad en general, no sea considerado, ni tratado.

Me gustaría concluir señalando que la realización de este trabajo me ha brindado la oportunidad de conocer y profundizar en un tema completamente desconocido para mí, como era la corrosión y los costes asociados a ella. Así mismo, he podido investigar sobre las necesidades y requisitos imprescindibles para poder establecer una metodología de manera exitosa en una organización y me he dado la importancia que tiene la voluntad de cambio de la Alta Dirección, la formación de la plantilla, la dotación de recursos económicos y personales, el reparto de las responsabilidades y el valor de los grupos multi e interdisciplinarios para implantar eficazmente una metodología en una empresa.

CAPÍTULO 7. REFERENCIAS

- [1] CTC apuesta por un enfoque holístico para mitigar la corrosión con más eficacia. (2020, 24 abril). Consultada el 5 de junio de 2020, de <https://centrotecnologicoctc.com/2020/04/24/ctc-corrosion-dia-mundial/>
- [2] La producción mundial de acero crudo aumenta un 4,6% en 2018. (2019, 5 marzo). Consultada el 5 de junio de 2020, de <http://www.metalesymetalurgia.com/?p=379450#:~:text=En%20Am%C3%A9rica%20del%20Sur%2C%20la,11.7%25%20con%20respecto%20a%202017.>
- [3] [Fotografía]. (2019). Well slot and casing of production tubing at drain deck of oil and gas wellhead remote platform. Consultada de <https://www.dreamstime.com/well-slot-casing-production-tubing-drain-deck-oil-gas-wellhead-remote-platform-piping-protect-inside-corrode-any-image119734050>
- [4] Naquid G, C., Medina F, A., & Zamora R, L., (2000). Statistical analysis about corrosion in nuclear power plants; Análisis estadístico de la corrosión en centrales nucleares de potencia. México.
- [5] Intercambiadores de calor. (s. f.). Consultada el 9 de junio de 2020, de <https://www.belzona.com/es/applications/hex.aspx>
- [6] Koch, G. H., Brongers, M. P., Thompson, N. G., Virmani, Y. P., & Payer, J. H. (2002). Corrosion cost and preventive strategies in the United States (No. FHWA-RD-01-156, R315-01). United States. Federal Highway Administration.
- [7] De León Hijes, F. C. G., & Lorente, D. J. A. (2004). Manual básico de corrosión para ingenieros. Editum. Universidad de Murcia. (pp. 13-14).
- [8] La corrosión en la industria. (s. f.-b). Consultada el 9 de junio de 2020, de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4912/html/4_la_corrosion_en_la_industria.html
- [9] Hou, B., Li, X., Ma, X., Du, C., Zhang, D., Zheng, M., ... & Ma, F. (2017). The cost of corrosion in China. Npj Mater. Degrad, Vol 1, (pp. 1-10).
- [10] Biezma, M. V., & San Cristobal, J. R. (2005). Methodology to study cost of corrosion. Corrosion engineering, science and technology, Vol 40 n4, (pp. 344-352).
- [11] Biezma, M. V., & Cristóbal, J. S. (2006). Letter to the editor: Is the cost of corrosion really quantifiable?. Corrosion, Vol 62 n12, (pp. 1051-1055).

- [12] PIB - Producto Interior Bruto 2020. (s. f.). Consultada el 9 de junio de 2020, de <https://datosmacro.expansion.com/pib>
- [13] Miroshnikova, T., & Taskaeva, N. (2016). Economic Efficiency of Innovative Materials for Sectors of Economy. In MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, Vol 73, (pp. 6).
- [14] Pancorbo, F. J. (2010). Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación. Marcombo. ISBN 978-84- 267-1576-0.
- [15] ISO 8044-199: Corrosion of metals and alloys – Basic terms and definitions, ISO/TC156 Corrosion of metals and alloys, 3rd ed., ISO Publications
- [16] Biezma, M. V., Andrés, M. A., Agudo, D., & Briz, E. (2020). Most fatal oil & gas pipeline accidents through history: a lessons learned approach. Engineering failure analysis, 110, 104446. Consultado en <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104446>
- [17] Explosión por corrosión. (2017, 25 julio). Consultada el 5 de junio de 2020, de <https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2017/07/25/explosion-por-corrosion>
- [18] I. INCIDENCIA DE LA CORROSION SOBRE EL MEDIO AMBIENTE. (s. f.). Consultada el 31 de mayo de 2020, de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/121/htm/sec_4.htm
- [19] El desescombros del parking derrumbado comenzará esta semana. (s.f). Consultada el 6 de junio de 2020, de <https://www.eldiarioalerta.com/articulo/cantabria/desescombros-parking-derrumbado-comenzara-semana/20200114130540070238.html>
- [20] Rae, R. A. E. (1998). Diccionario de la lengua española. Espasa Calpe. Consultada la versión online el 31 marzo de 2020, de <https://dle.rae.es/corrosi%C3%B3n>.
- [21] Momber, A. (2011). Corrosion and corrosion protection of support structures for offshore wind energy devices (OWEA). Materials and Corrosion, Vol 62 n5, (pp. 391-404).
- [22] BIEZMA, M. V. (s.f.). Deterioro de materiales: colección de transparencias, 5º curso de Ingeniería Industrial. Cantabria: Universidad de Cantabria [\[LC1\]](#) .

- [23] Otero Huerta, E. (1997). Corrosión y degradación de materiales. Madrid: Síntesis. ISBN 84-7738-518-1.
- [24] Historical theories on corrosion. (s. f.). Consultado el 11 de junio de 2020, de <https://corrosion-doctors.org/Corrosion-History/Theories.htm>
- [25] History - NACE. (s. f.). Consultado el 9 de junio de 2020, de <https://www.nace.org/about/nace-history>
- [26] History of the Federation. (s. f.). Consultado el 11 de junio de 2020, de <https://efcweb.org/About+us/History.html>
- [27] List of Member Societies. (s. f.). Consultado el 11 de junio de 2020, de <https://efcweb.org/About+us/Membership/Society+Membership+ +Information+a nd+Application/List+of+Member+Societies.html>
- [28] Historical theories on corrosion. (s. f.). Consultado el 11 de junio de 2020, de <https://corrosion-doctors.org/Corrosion-History/Theories.htm>
- [29] Members – International Corrosion Council. (s. f.). Consultado el 15 de junio de 2020, de <http://icc-net.org/index.php/members-new/>
- [31] Gabetta, G., & Gori, G. (2011). The use of knowledge management to improve pipeline safety. In Integrity of Pipelines Transporting Hydrocarbons (pp. 1-16). Springer, Dordrecht. Consultado en https://doi.org/10.1007/978-94-007-0588-3_1
- [32] Ramírez-Camacho, J. G., Carbone, F., Pastor, E., Bubbico, R., & Casal, J. (2017). Assessing the consequences of pipeline accidents to support land-use planning. Safety Science, Vol 97, (pp. 34-42). Consultado en <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.01.021>
- [33] Bolt, R., Hilgenstock, A., Kolovich, C., Velez Vega, D., Cappanera, A., & Rasmussen, O. (2006). A Guideline: Using or Creating Incident Databases for Natural Gas Transmission Pipelines. *Volume 1: Project Management; Design and Construction; Environmental Issues; GIS/Database Development; Innovative Projects and Emerging Issues; Operations and Maintenance; Pipelining in Northern Environments; Standards and Regulations*. Consultado en <https://doi.org/10.1115/ipc2006-10619>
- [34] Ceberio, J (1984, 16 diciembre) San Juanico, un parque para tapar una tragedia. Consultado el 12 de junio de 2020, de https://elpais.com/diario/1984/12/16/internacional/471999620_850215.html

[35] Barrera, J. M. (2017, 19 noviembre). San Juanico, a 33 años de la tragedia todavía huele a gas. Consultado el 12 de junio de 2020, de <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/edomex/san-juanico-33-anos-de-la-tragedia-todavia-huele-gas>

[36] Bhandari, J., Khan, F., Abbassi, R., Garaniya, V., & Ojeda, R. (2015). Modelling of pitting corrosion in marine and offshore steel structures – A technical review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol 37, (pp. 39-62). Consultado en <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.06.008>

[37] Arturson, G. (1987). The tragedy of San Juanico—the most severe LPG disaster in history. *Burns*, Vol 13 n2, (pp. 87-102). Consultado en [https://doi.org/10.1016/0305-4179\(87\)90096-9](https://doi.org/10.1016/0305-4179(87)90096-9)

[38] [Explosión en San Juanico]. (s. f.). Consultado en <https://ejatlas.org/conflict/explosiones-de-san-juan-ixhuatepec-de-1984-mexico>

[39] [Después de la explosión de San Juanico]. (s. f.-a). Consultado en <https://www.elpuntocritico.com/vida-y-estilo/8-cultura/102112-a-30-a%C3%B1os-de-san-juanico>

[40] Zardasti, L., Yahaya, N., Valipour, A., Rashid, A. S. A., & Noor, N. M. (2017). Review on the identification of reputation loss indicators in an onshore pipeline explosion event. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol 48, (pp. 71-86). Consultado en <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.03.024>

[41] China oil pipe blast: Qingdao pipeline blast 'kills 44', BBC News. (2013, 23 noviembre). Consultado el 12 de junio de 2020, de <https://www.bbc.com/news/world-asia-china25050300>

[42] Yang, H. N., Chen, J. H., Chiu, H. J., Kao, T. J., Tsai, H. Y., & Chen, J. R. (2016). Confined vapor explosion in Kaohsiung City—A detailed analysis of the tragedy in the harbor city. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol 41, (pp. 107-120). Consultado en <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.03.017>

[43] Multiple Taiwan gas blasts kill 25. (2014, 1 agosto). Consultado el 12 de junio de 2020, de <https://www.bbc.com/news/world-asia-28594693>

[44] Schmitt, G.; Schütze, M.; Hays, G.F.; Burn, W.; Han, E.-H.; Pourbaix, A.; Hacobson, G. “Global Needs for Knowledge Dissemination, Research, and Development in Materials Deterioration and Corrosion Control”; World Corrosion Organization (WCO): New York, NY, USA, 2009.

- [45] Uhlig, H. H. The cost of corrosion to The United States. *Corrosion* 6, 29–33 (1950).
- [46] Hoar, T. P. Corrosion of metals: Its cost and control. *Proc. R. Soc.* 348, 1–18 (1976).
- [47] Payer J. H., Dippod D. G., Boyd W. K., Berry W. E., & Brooman N. (1978). Economic effects of metallic corrosion in United States. Report 511-2 CCR70-122, NBS Battelle. Houston, USA. Vol 5.
- [48] L. H. Bennett, J. Kruger, R. L. Parker, E. Passaglia and C. Reimann: 'Economic effects of metallic corrosion in United States', Report 511-1 GCR78-122, NBS Battelle, Houston, USA, 1978.
- [49] Roberge, P. R (2000). Handbook of corrosion engineering. McGraw-Hill. New York.
- [50] Roberge, P. R. (2006). Corrosion basics - An introduction. National Association of Corrosion Engineers (NACE). 2nd Edition. Houston, Tex.
- [51] Roberge, P. R. (February 2007). Corrosion inspection and monitoring. WILEY-INTERSCIENCE. John Wiley & Sons.
- [52] Corrosion Basics Topics. Materials Performance Magazine. NACE INTERNATIONAL. The worldwide Corrosion Authority. Houston, Tex.
- [53] CORROSION. The Journal of Science & Engineering. Technical Editor in Chief, John R. Scully, FNACE, University of Virginia. Managing Editor in Chief, Sammy Miles, NACE International.
- [54] Various Articles. Corrosion Science. Elsevier Ltd. ISSN: 0010-938X
- [55] Colegios profesionales (Derecho Administrativo). (s. f.). Consultado el 12 de junio de 2020, de https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAA AAAAEAMtMSbF1jTAAAUNDC3MjtbLUouLM_DxblwMDCwNzAwuQQGZapUt-ckhIQaptWmJOcSoAj2hkYDUAAAA=WKE
- [56] Competencias del Ingeniero Industrial. (s. f.). Consultado el 12 de junio de 2020, de <https://www.coiico.es/colegio/competencias-del-ingeniero-industrial>
- [57] A. (s. f.-b). Competencias de la profesión de arquitecto. Consultado el 13 de junio de 2020, de <https://www.cscae.com/index.php/arquitectos/competencias>

[58] Competencias del Ingeniero de Caminos. (2018, 24 diciembre). Consultado el 13 de junio de 2020, de <https://caminando.blogs.upv.es/competencias-del-ingeniero-de-caminos/>

[59] Qué te ofrecemos. (s. f.). Consultado 13 de junio de 2020, de <https://www.camara.es/que-te-ofrecemos>

[60] Power BI Documentation. Microsoft. Consultado 23 de junio de 2020, de <https://powerbi.microsoft.com/es-es/features/>

[61] Biezma, M. V., & San Cristóbal, J. R. (2004). Análisis Económico de la Corrosión. Ingeniería Química, Vol 36 n418 (pp. 93-96).

[62] Biezma, M. V., San Cristóbal, J. R., & Martínez R. (2009). VIDA EN SERVICIO Y RIESGO DE ROTURA EN ESTRUCTURAS SOMETIDAS A AMBIENTES AGRESIVOS. Anales de Mecánica de la Fractura 26, Vol 2, (pp. 467-471).

[63] Papavinasam, S. (2017). Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies. 3 Corrosion management. Elsevier.

[64] Corrosion Management. Accenture Consulting. Consultado 23 de junio de 2020, de <https://www.slideshare.net/accenture/corrosion-management-71449685>.

[65] STRATEGIES FOR SUCCESSFUL CORROSION MANAGEMENT. NACE International. Consultado 23 de junio de 2020, de <http://impact.nace.org/strategies-for-successful-corrosion-management.aspx>

[66] Ghalsasi, B. (2020). Essential Elements of a Successful Corrosion Management Program. Materials Performance Magazine. NACE INTERNATIONAL. The worldwide Corrosion Authority. Houston, Tex.

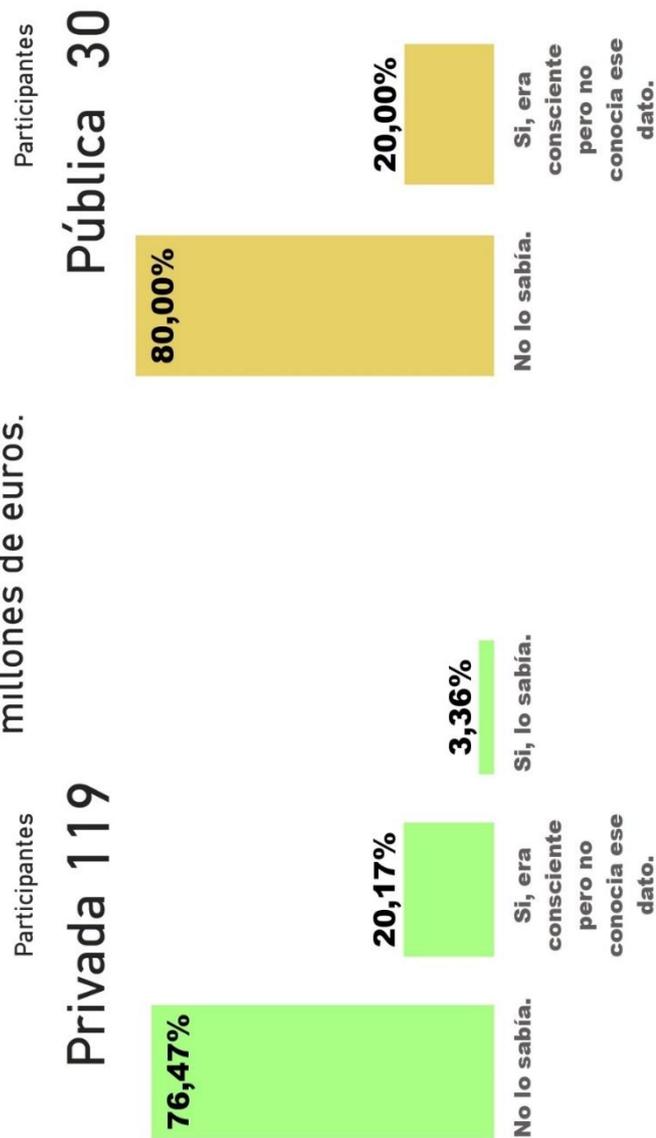


Anexos

Anexo 1: Gráficas del Sector Privado y Público.

Comparativa entre las respuestas obtenidas de los participantes del Sector Privado y del Sector Público. Las respuestas del Sector Público aparecen en amarillo y las del Privado en verde.

7. Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros.



8. Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la
dirección de la empresa respecto a la corrosión.

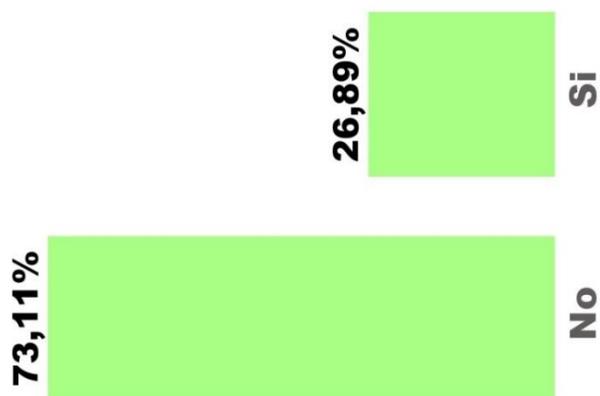
Participantes

Pública 30



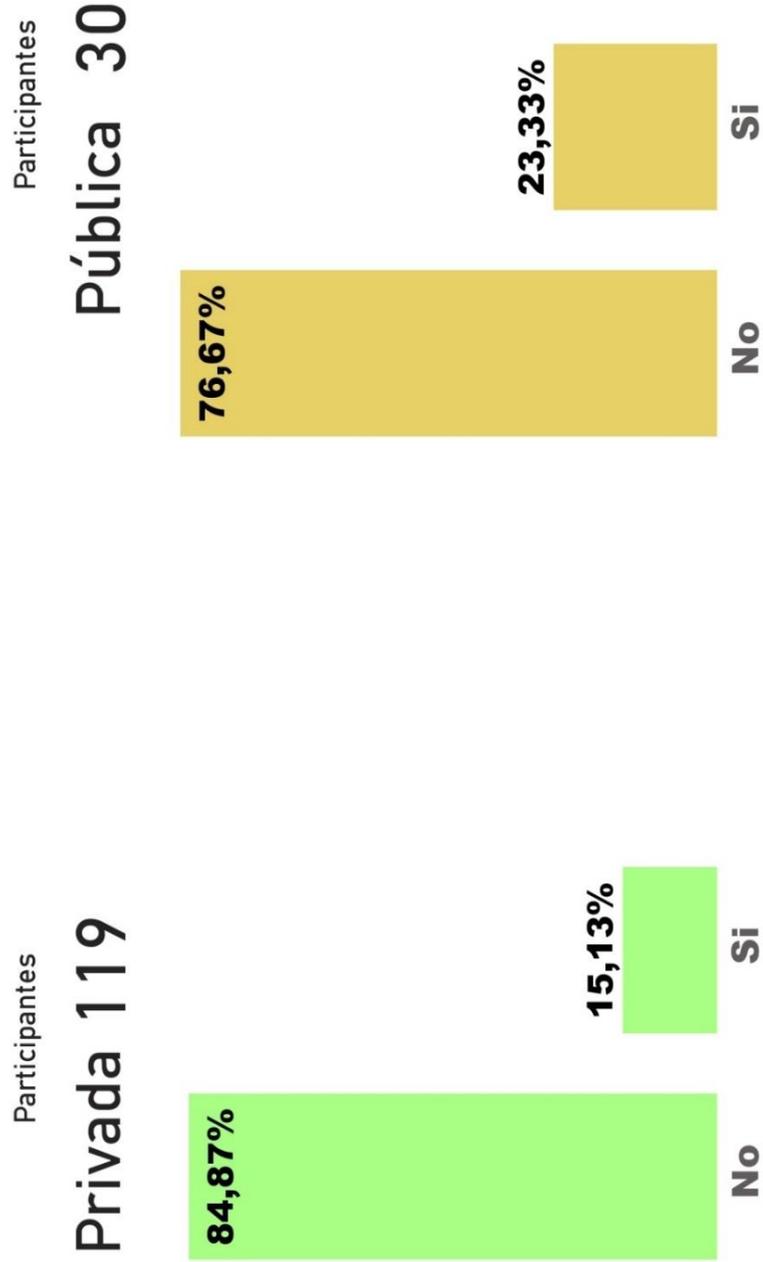
Participantes

Privada 119





15. ¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?

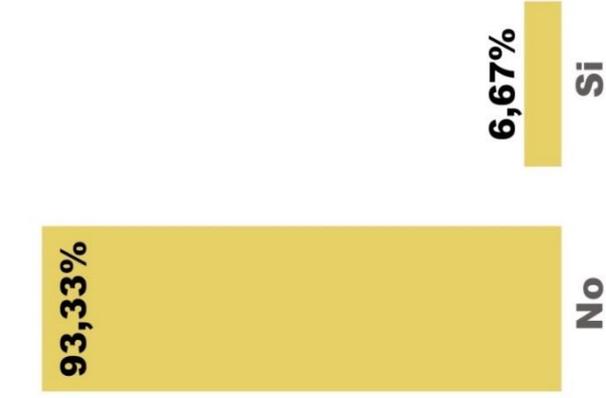




9. La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamentales o con el cliente.

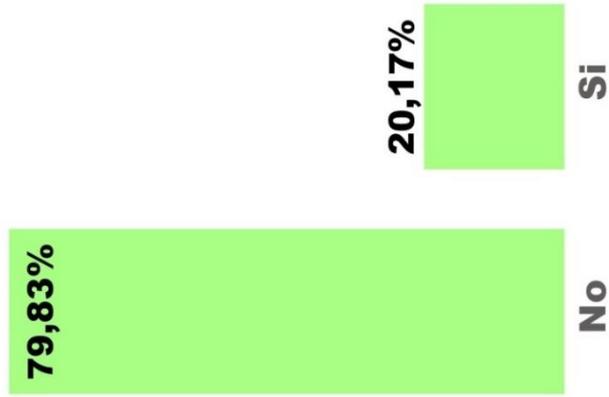
Participantes

Pública 30

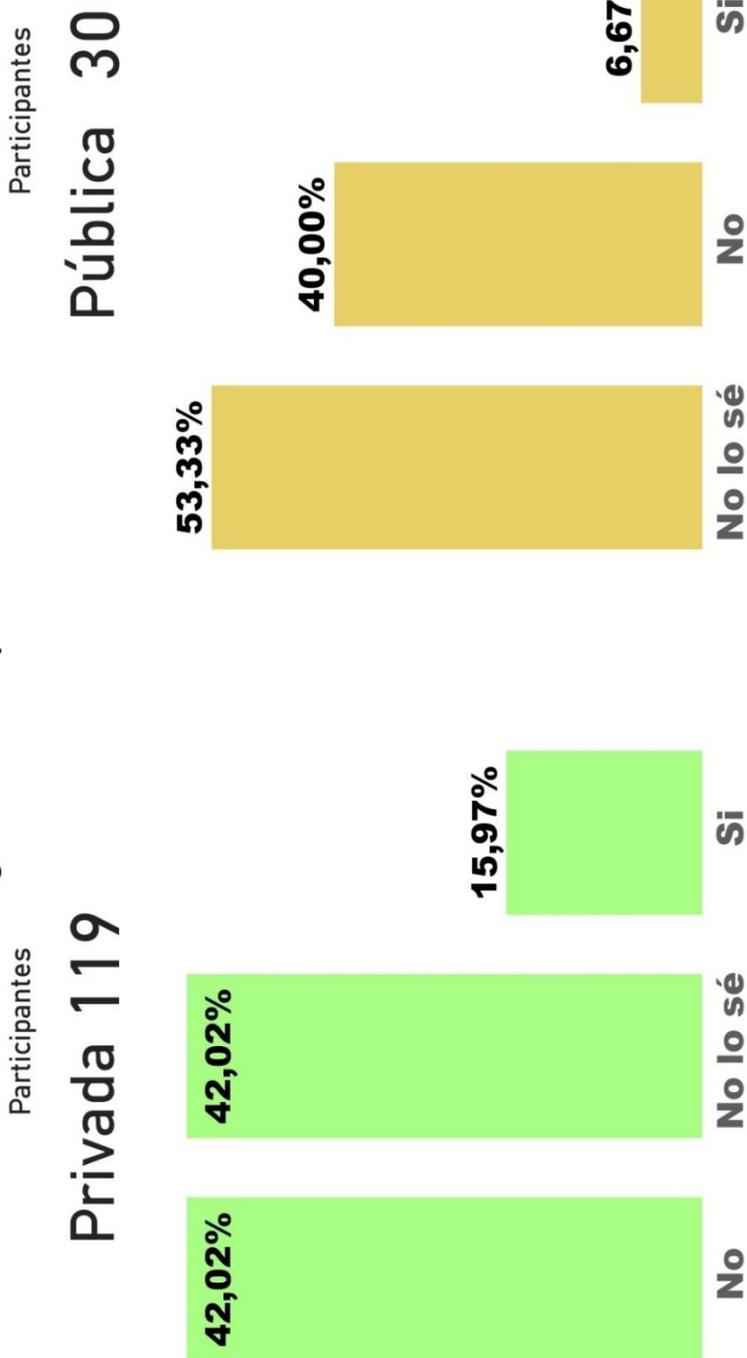


Participantes

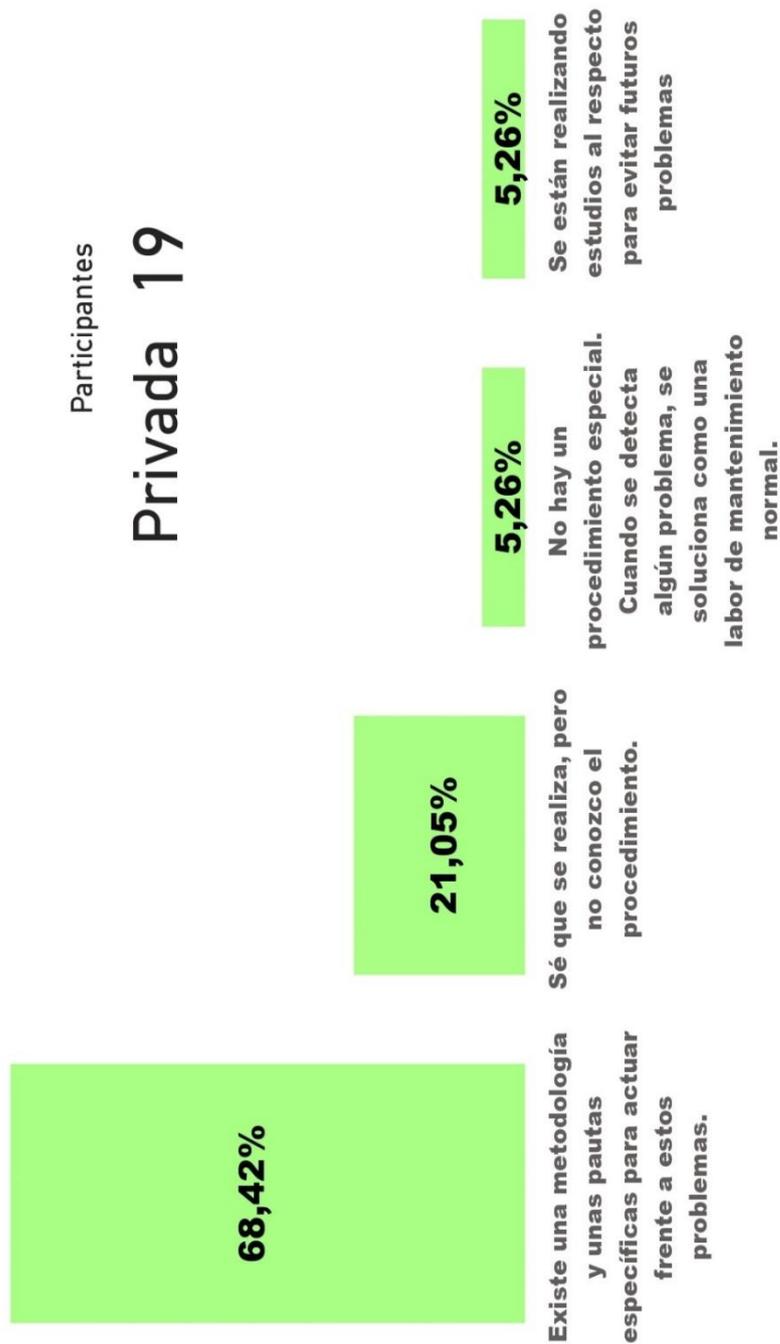
Privada 119



10. ¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?

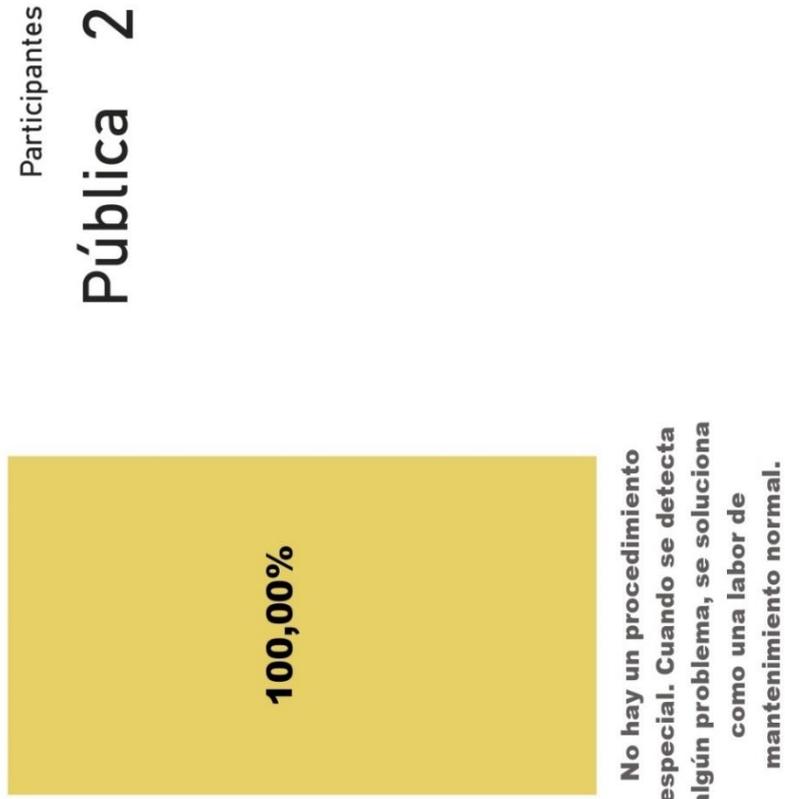


11. ¿De qué manera se realiza este seguimiento?

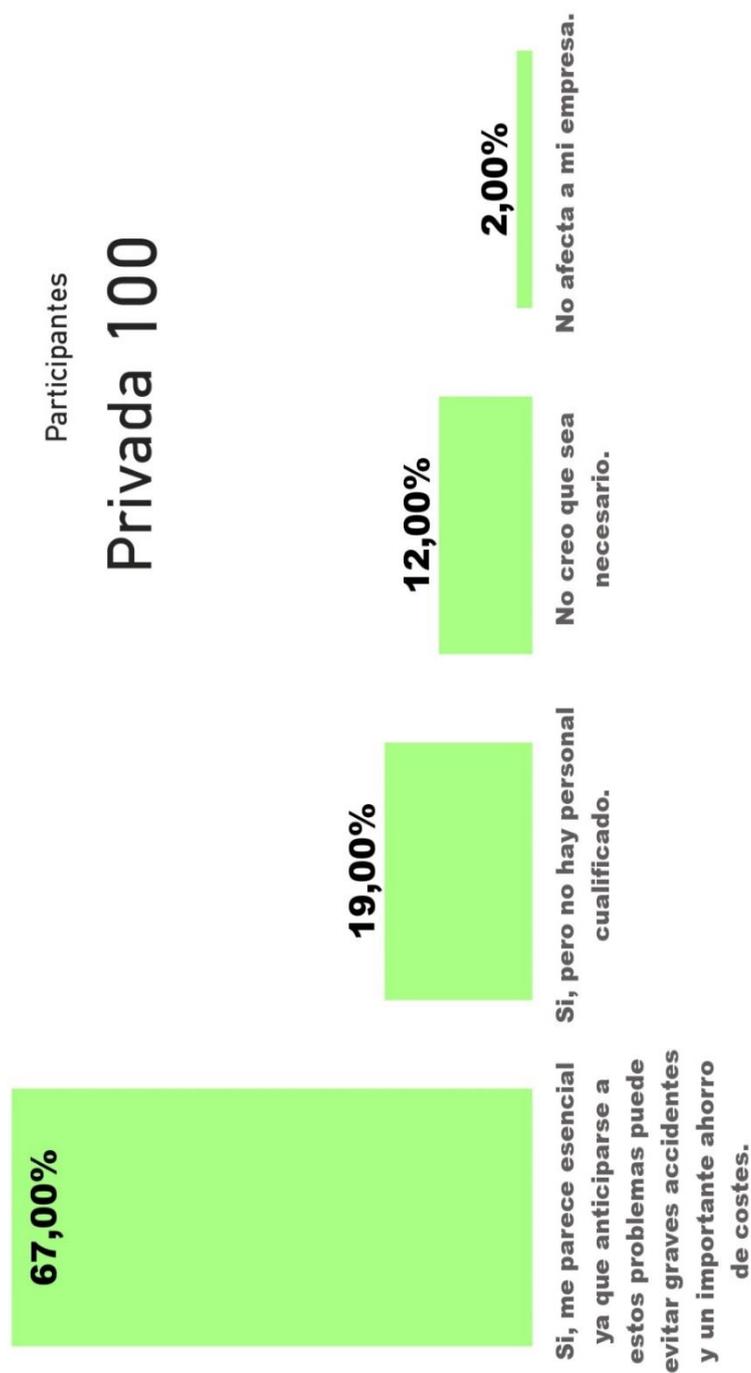




11. ¿De qué manera se realiza este seguimiento?

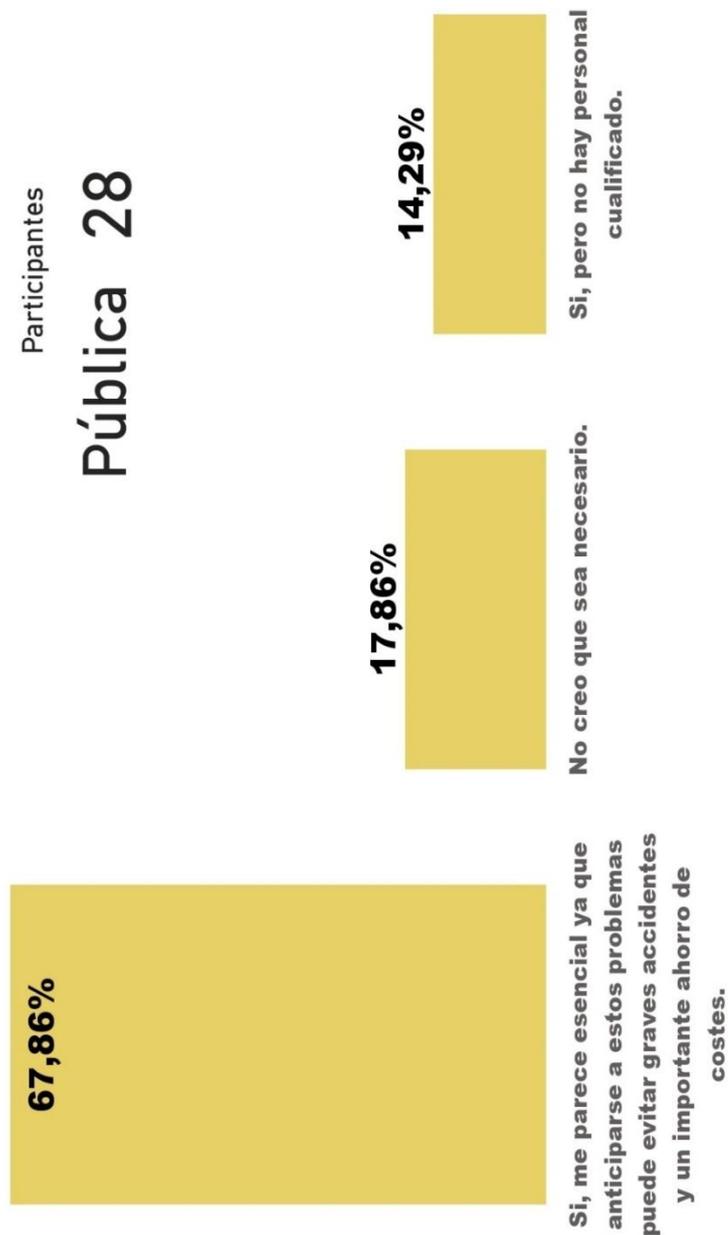


12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?





12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?



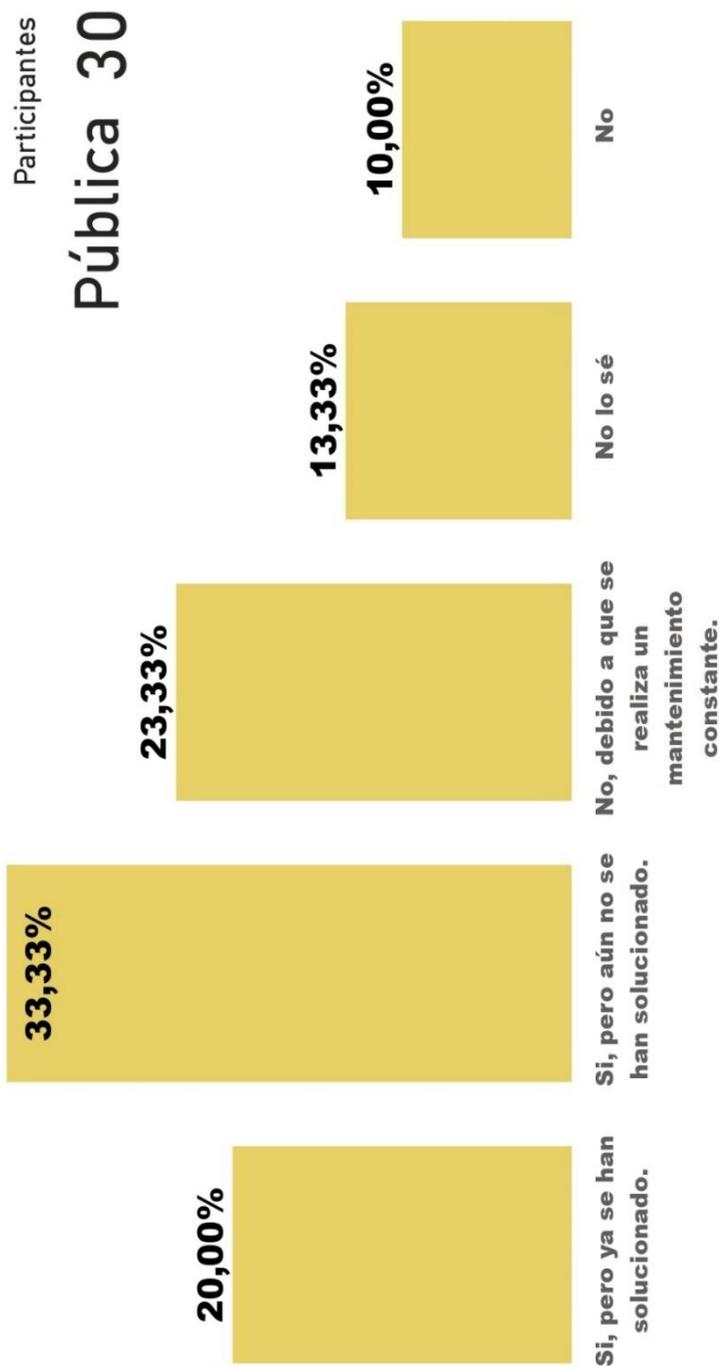


13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?



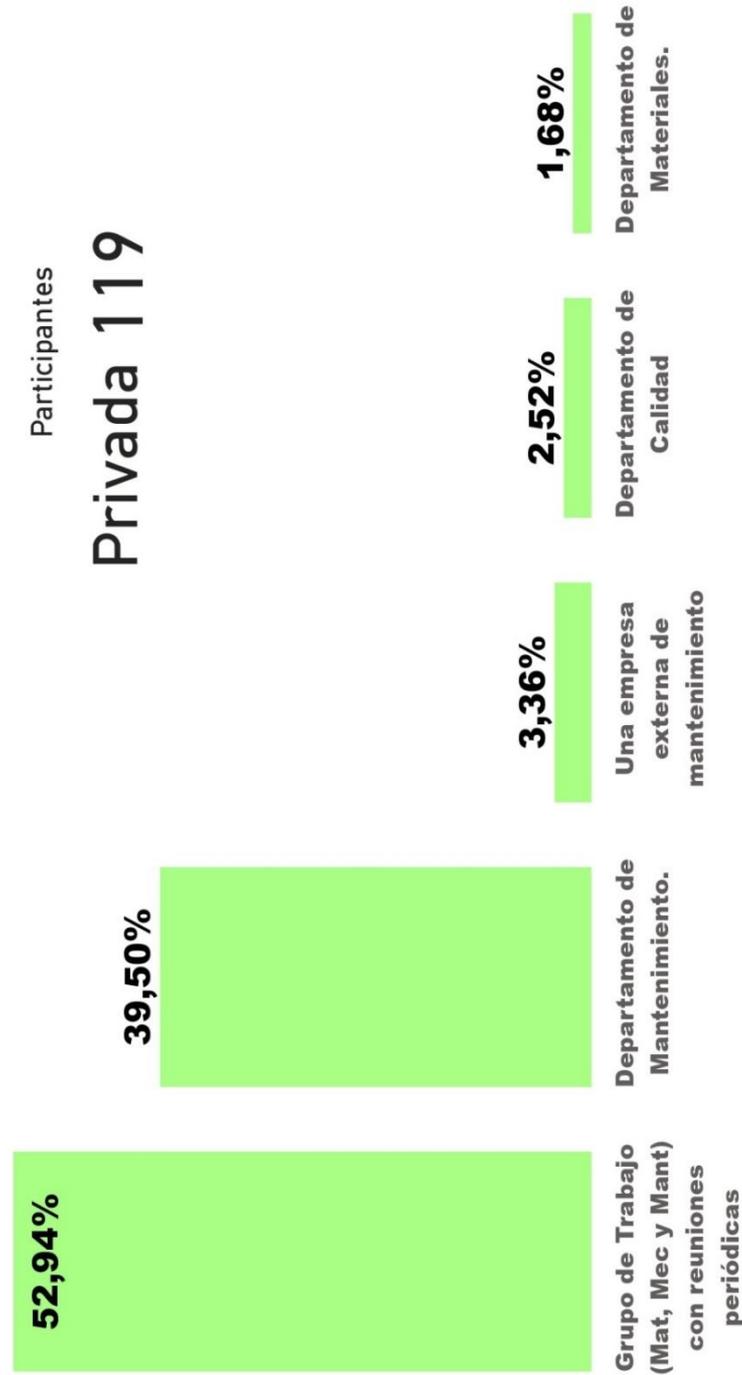


13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?



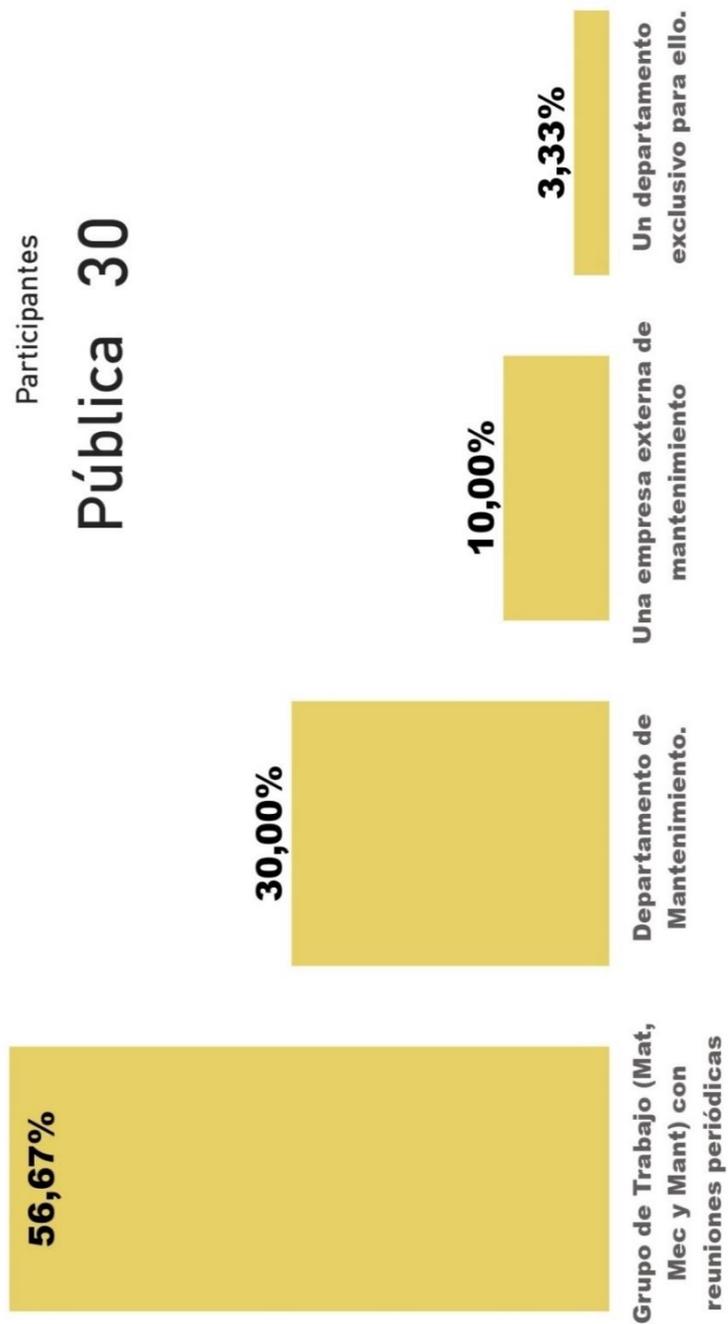


14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?





14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?

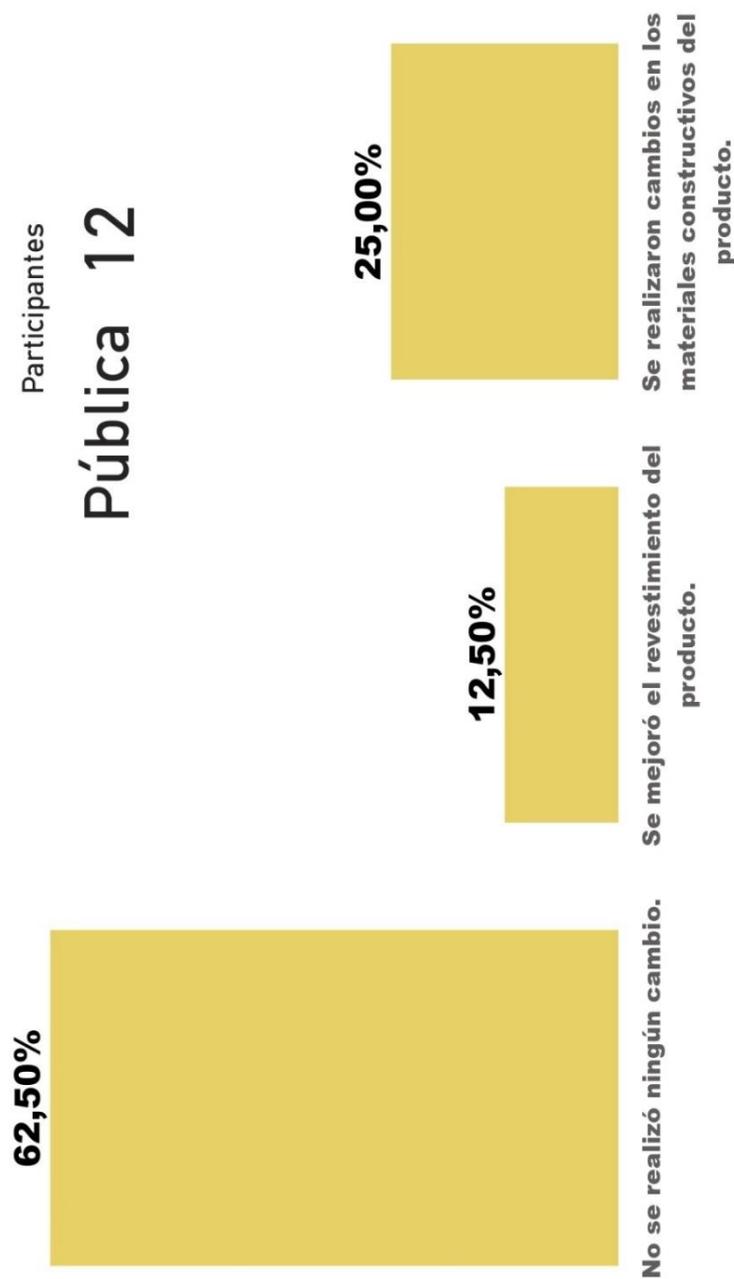




16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



Anexo 2: Gráficas del Sector de la Producción y Manufactura

Gráfico de las respuestas obtenidas por los encuestados del Sector de la Producción y Manufactura.

7. Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros.

Participantes

56

78,57%

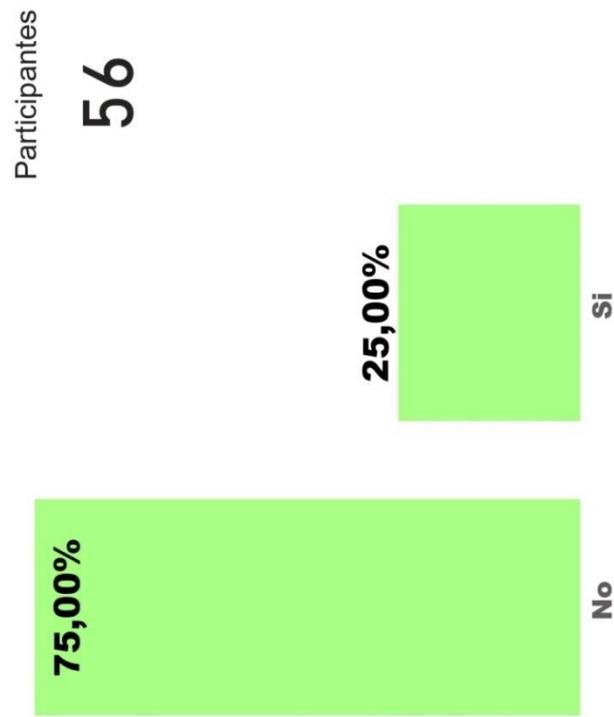
No lo sabía.

21,43%

Si, era consciente pero no conocia ese dato.

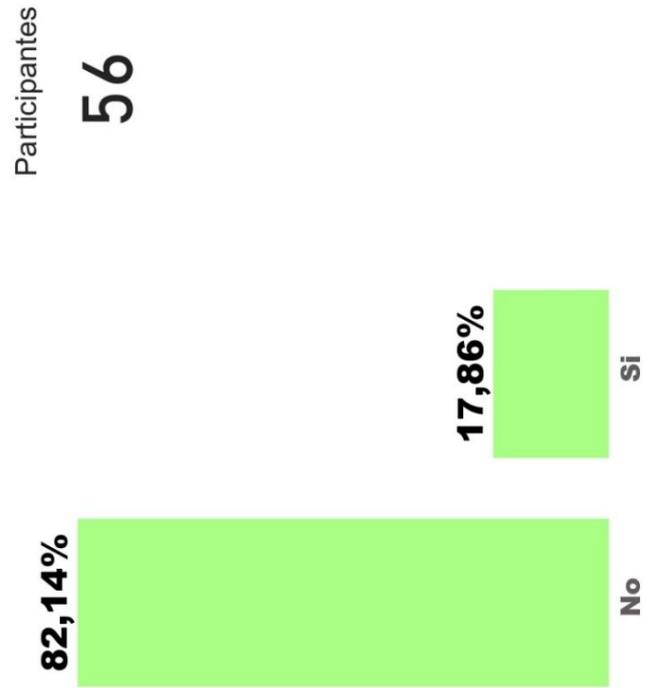


8. Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la
dirección de la empresa respecto a la corrosión.





9. La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamentales o con el cliente.

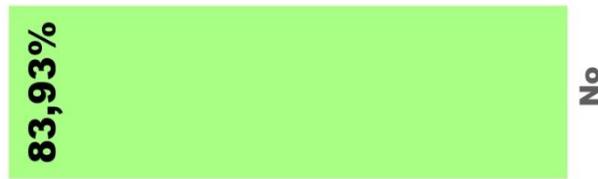




15. ¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?

Participantes

56

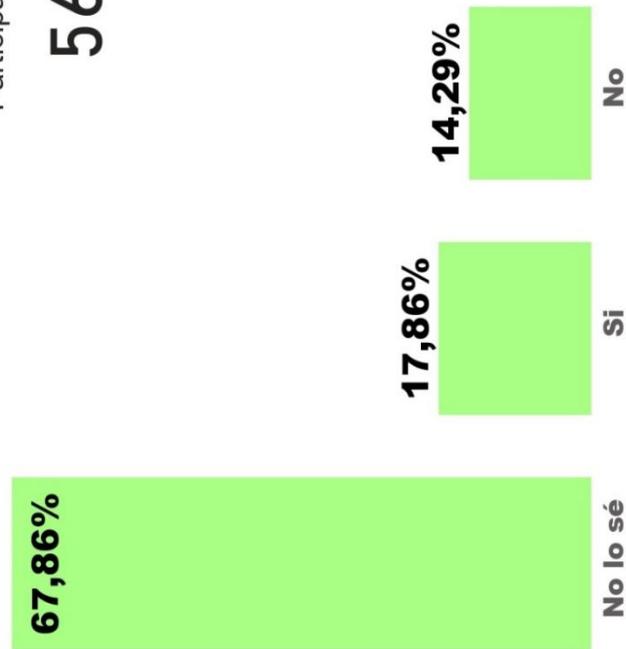




10. ¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?

Participantes

56

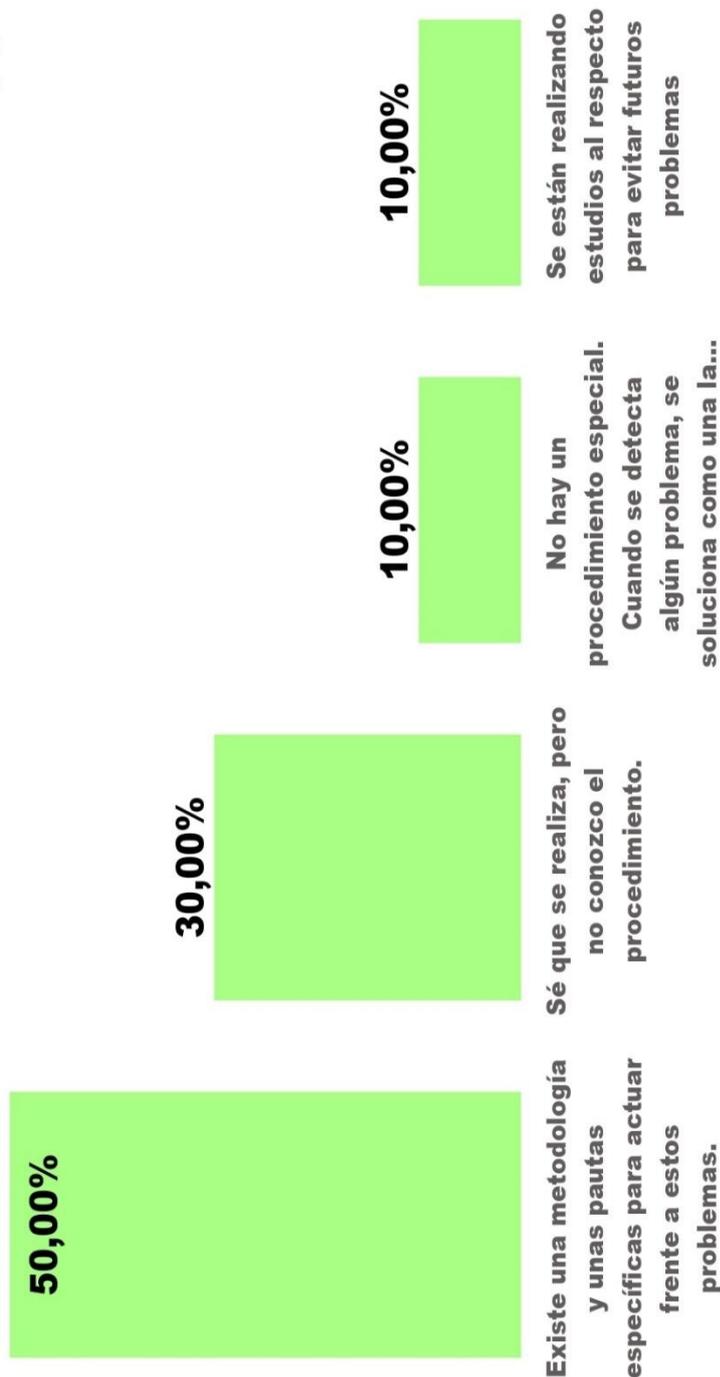




11. ¿De qué manera se realiza este seguimiento?

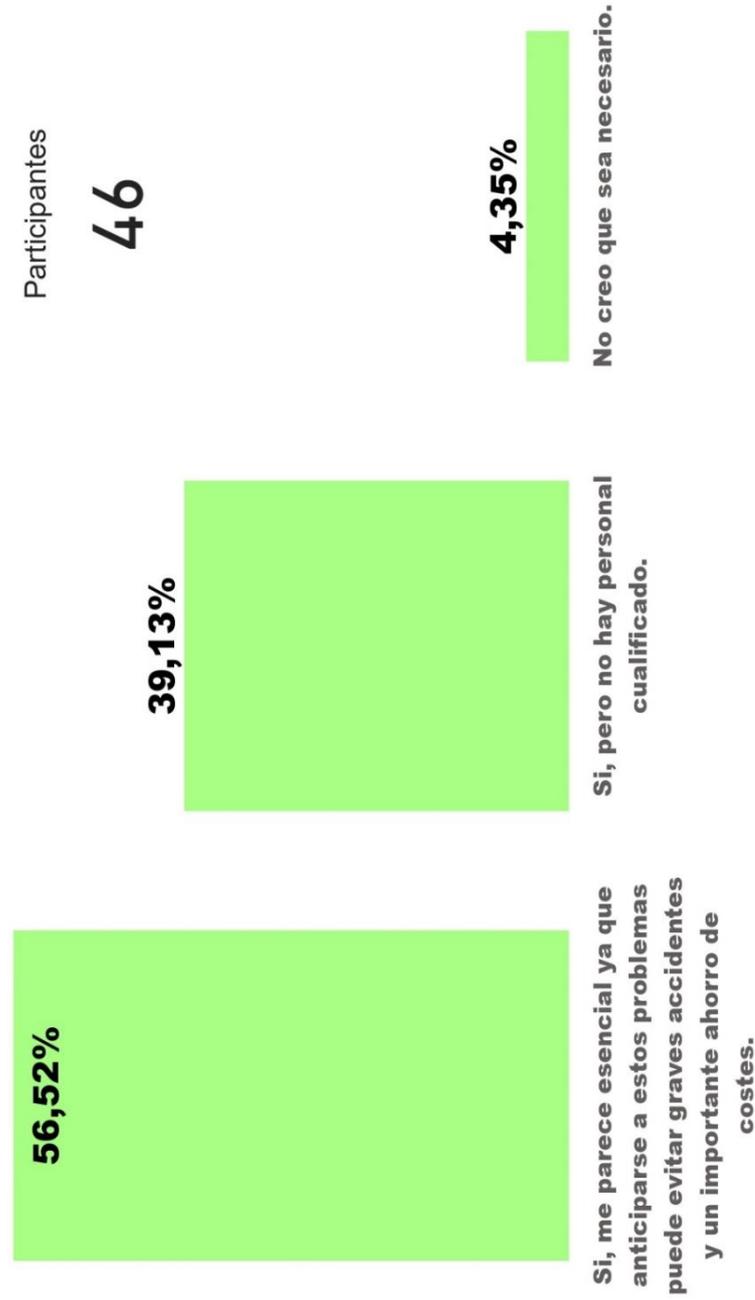
Participantes

10



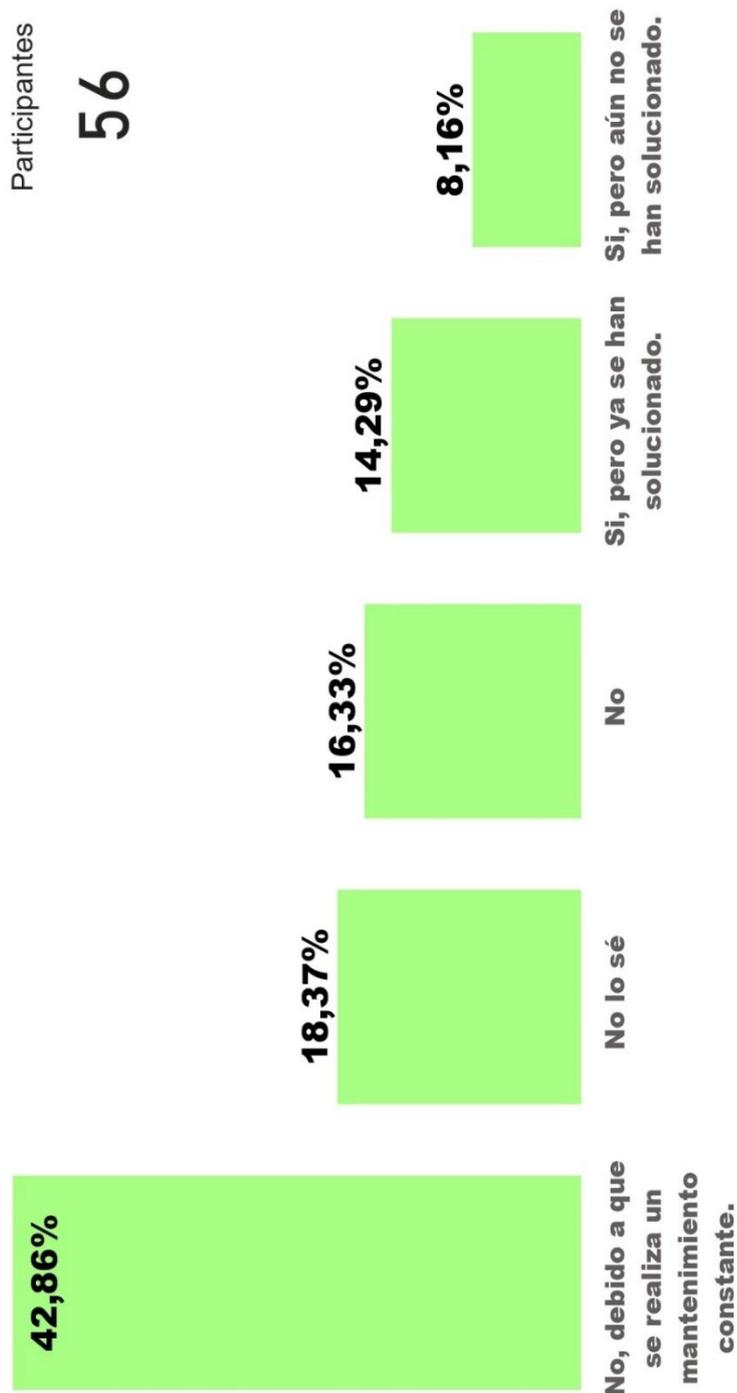


12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?



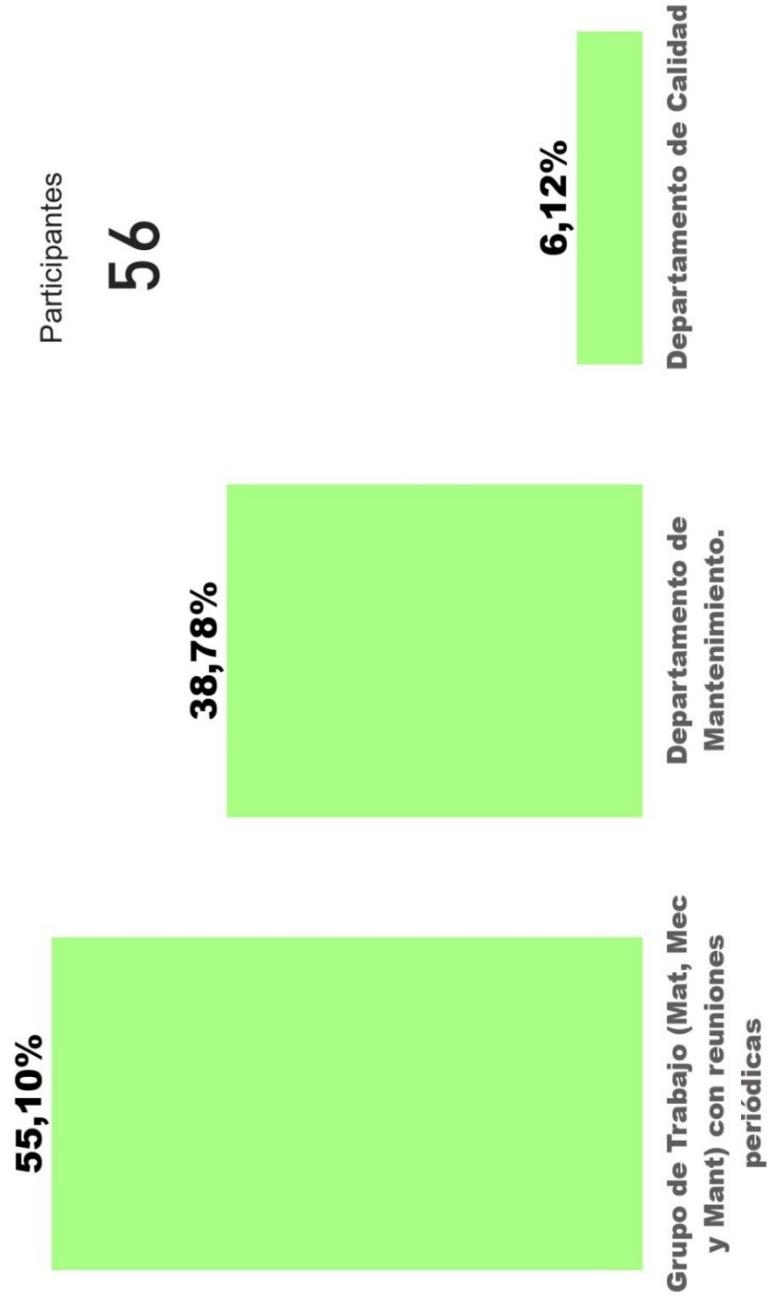


13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?



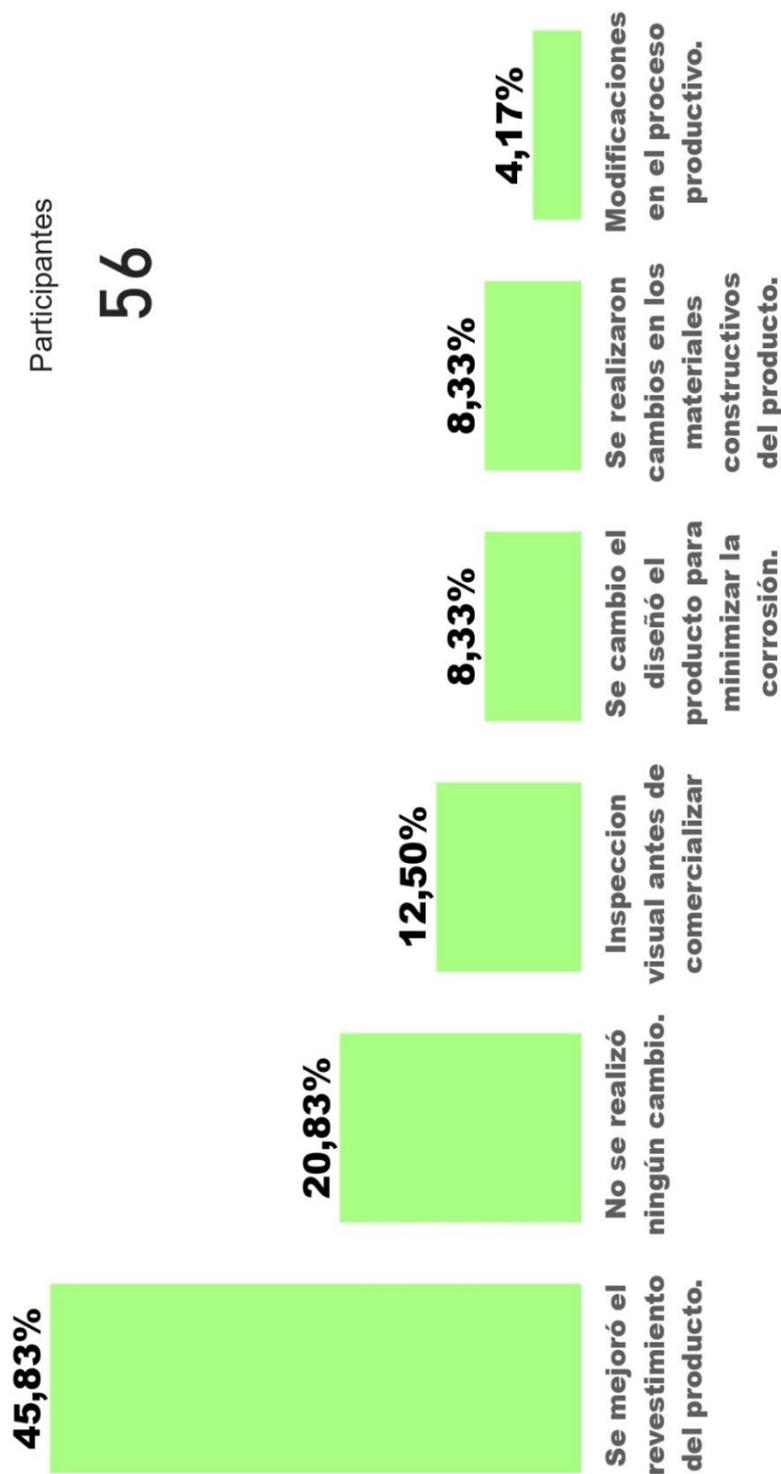


14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?



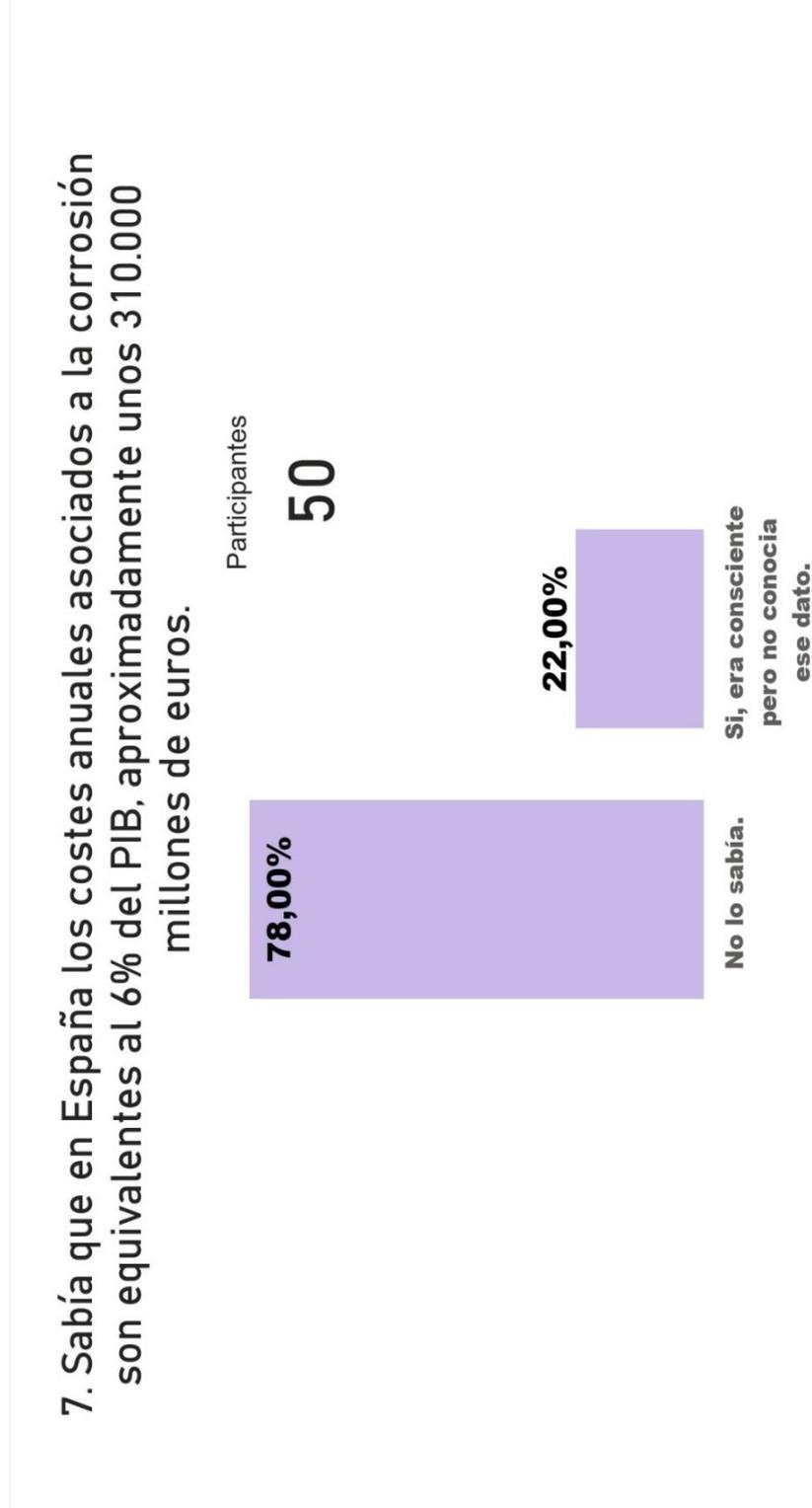


16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



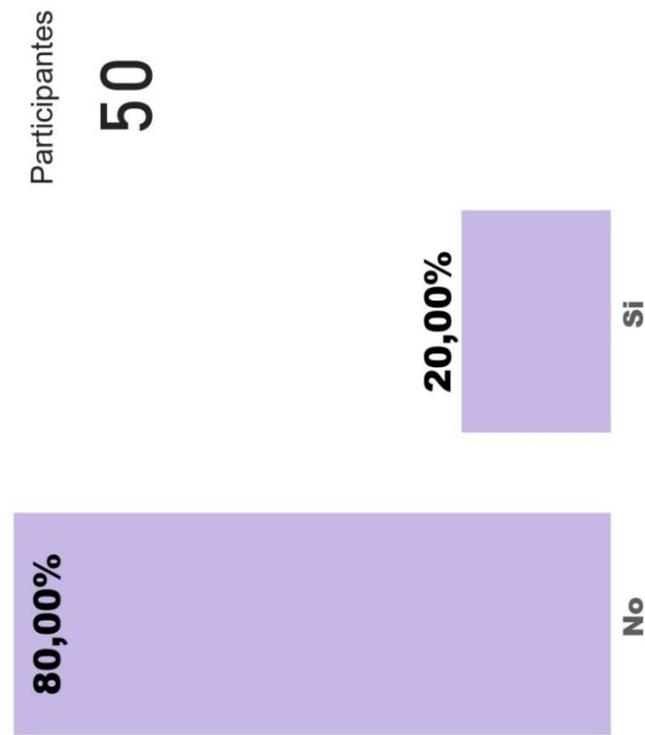
Anexo 3: Gráficas del Sector de Servicios

Gráficos de las respuestas obtenidas por los encuestados del Sector de Servicios.





8. Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la
dirección de la empresa respecto a la corrosión.

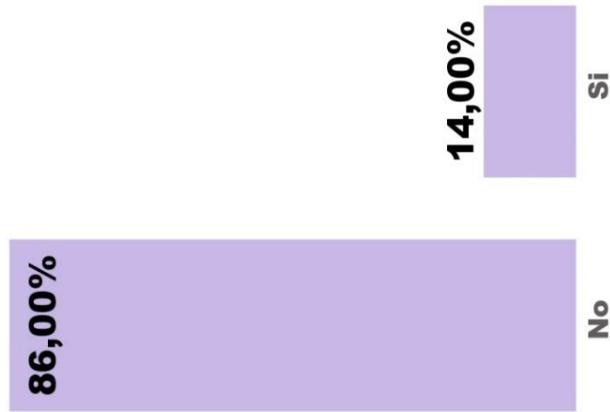




15. ¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?

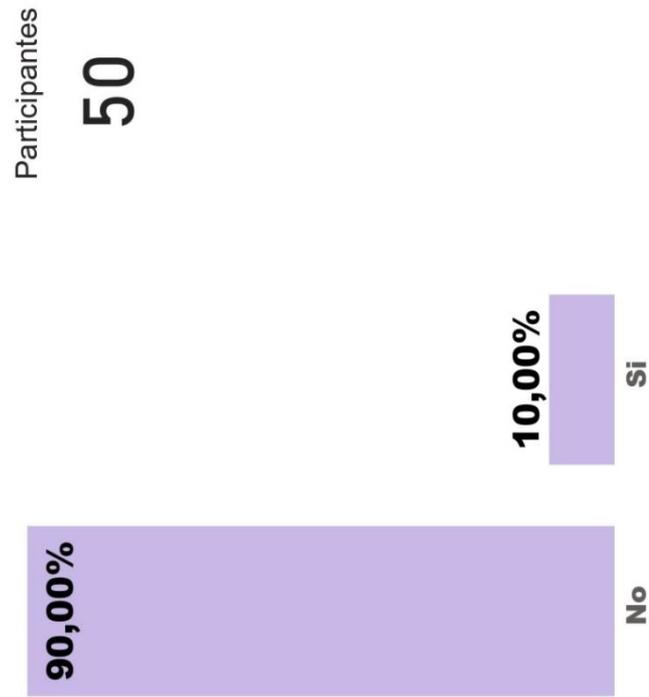
Participantes

50



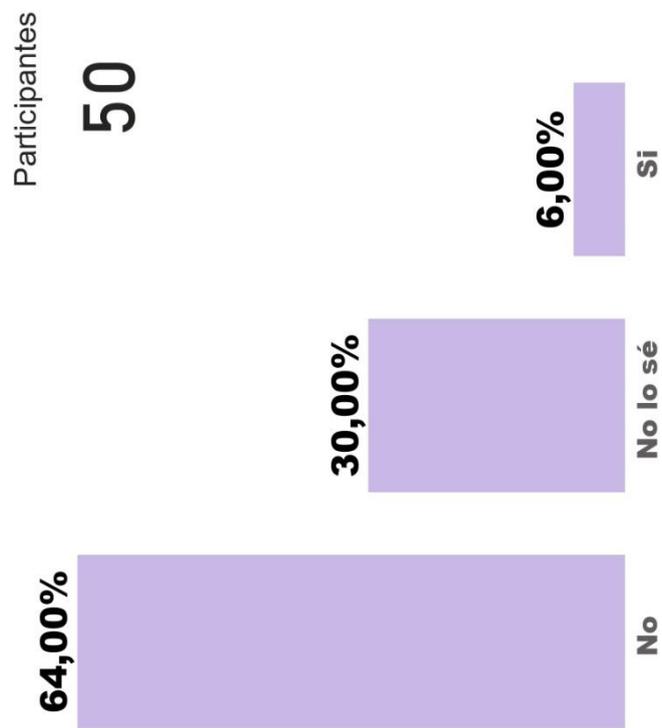


9. La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamentales o con el cliente.





10. ¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?

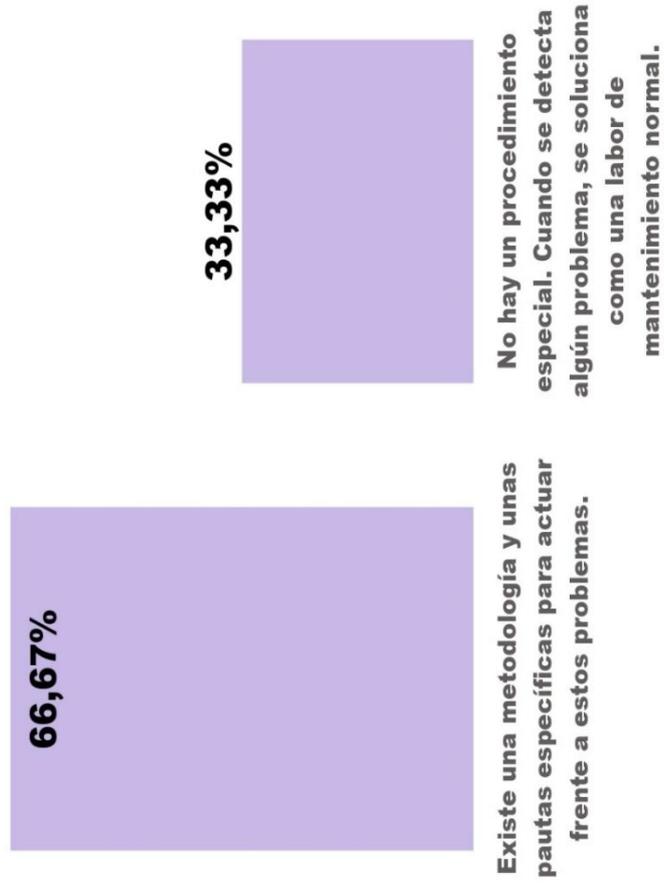




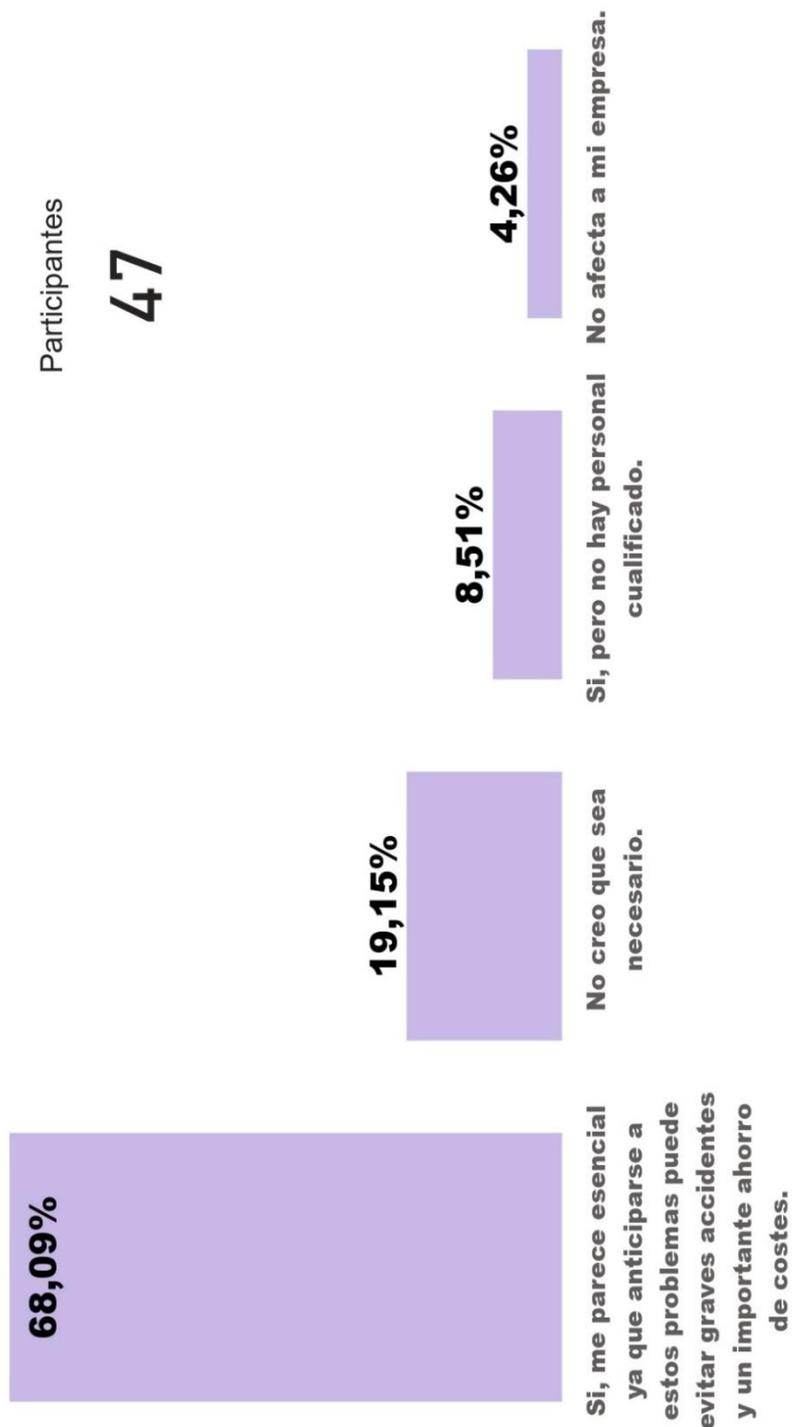
11. ¿De qué manera se realiza este seguimiento?

Participantes

3

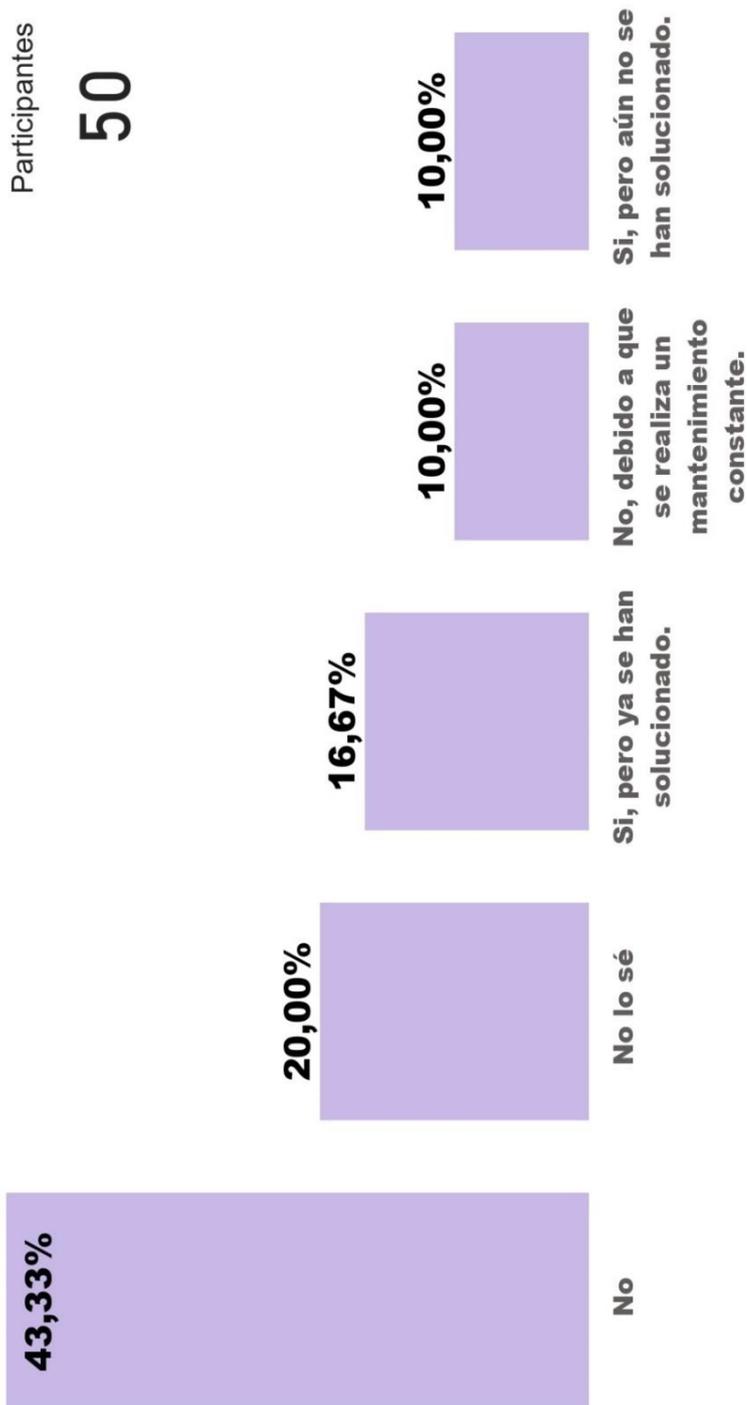


12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?



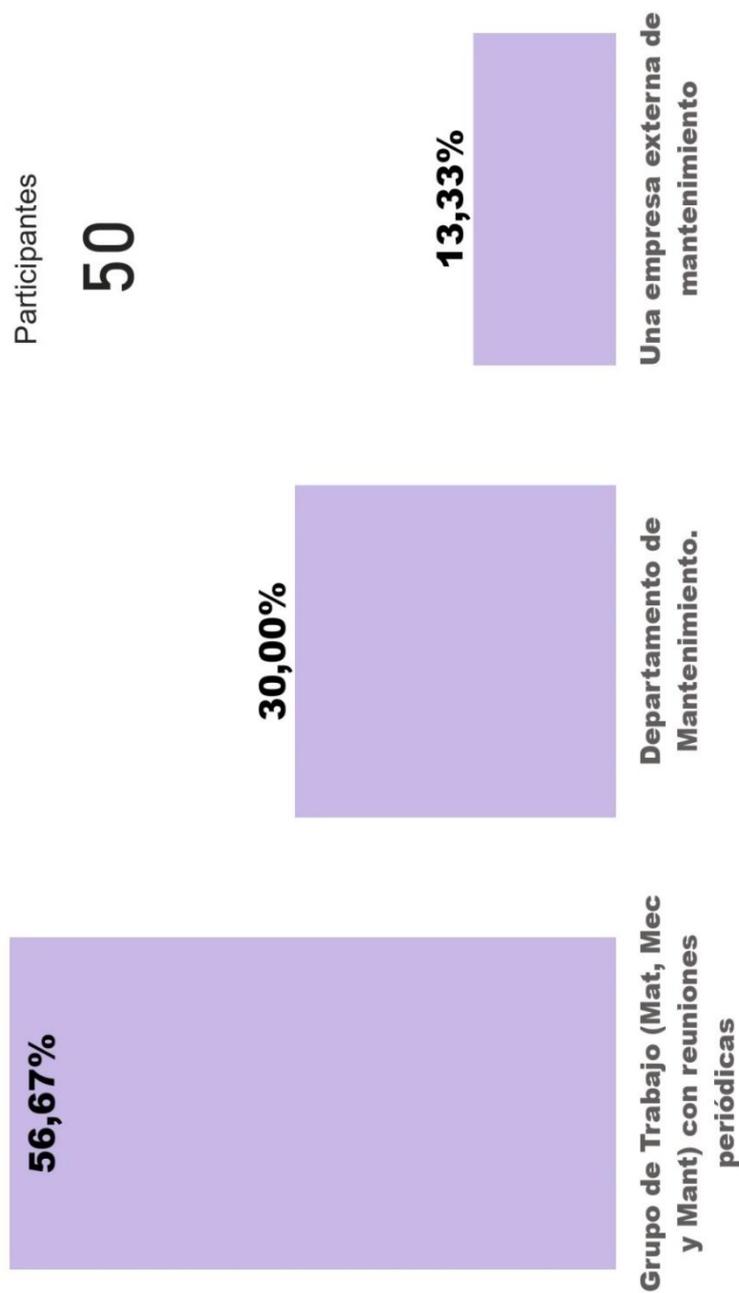


13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?

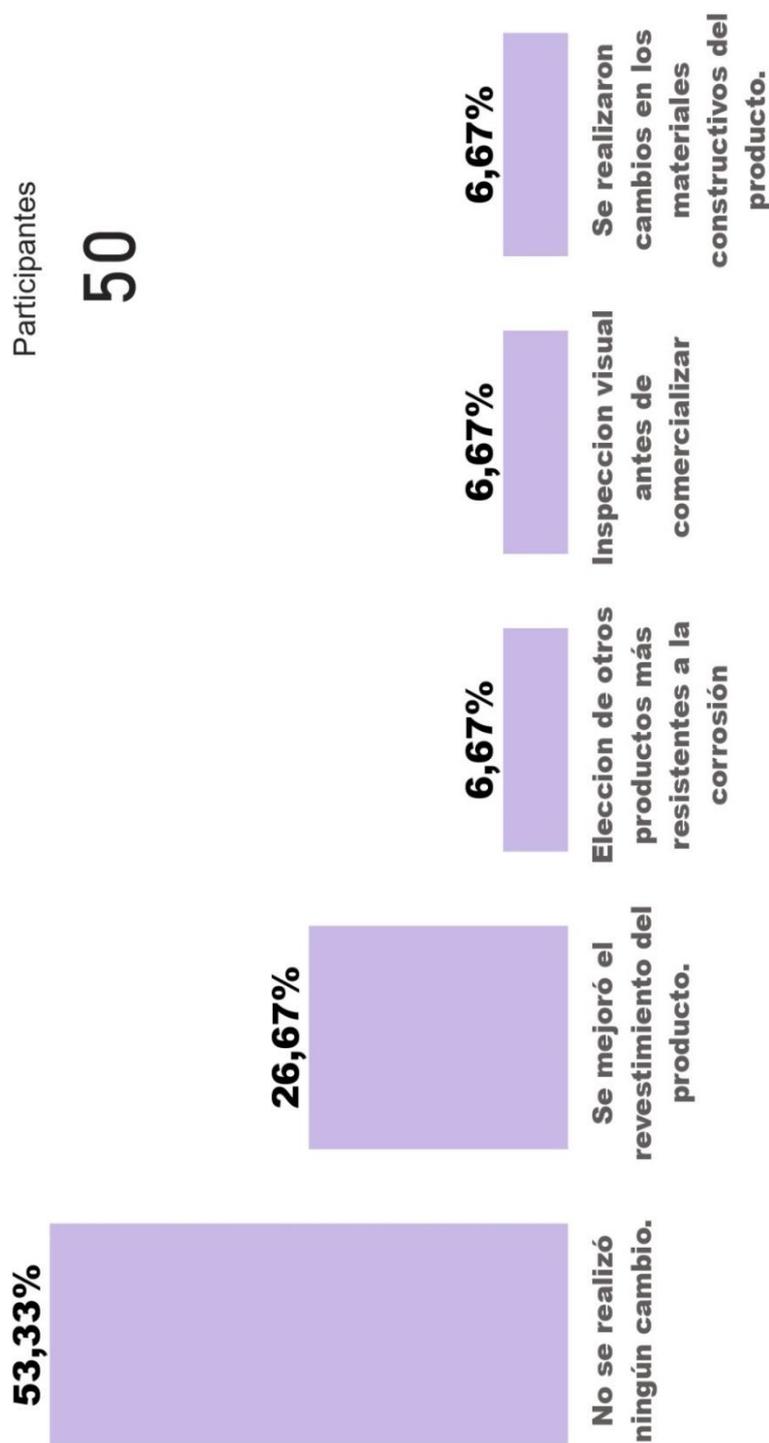




14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?



16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



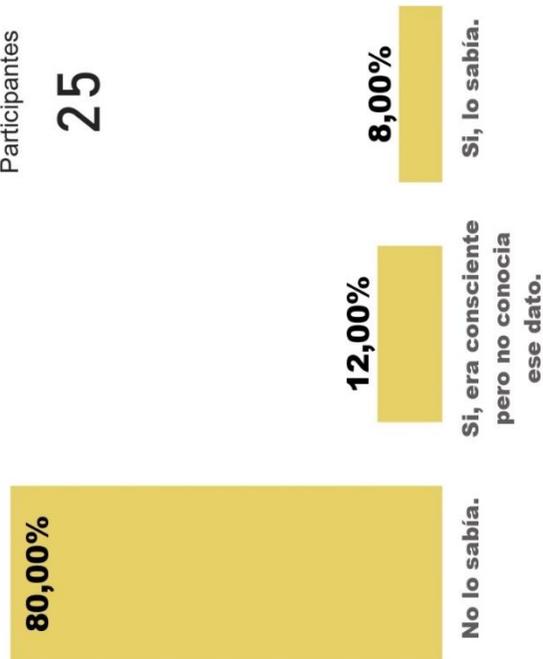
Anexo 4: Gráficas del Sector de Infraestructuras.

Gráficos de las respuestas obtenidas por los participantes de la encuesta pertenecientes al Sector de Infraestructuras.

7. Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros.

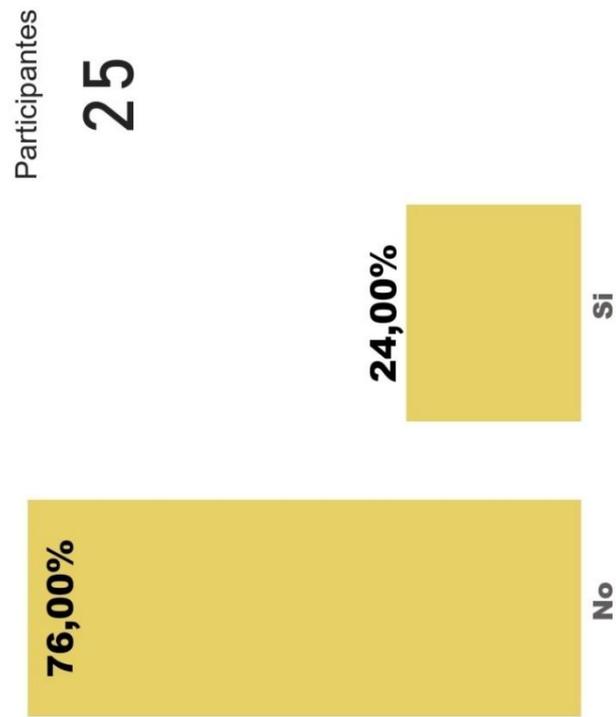
Participantes

25





8. Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la
dirección de la empresa respecto a la corrosión.





15. ¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?

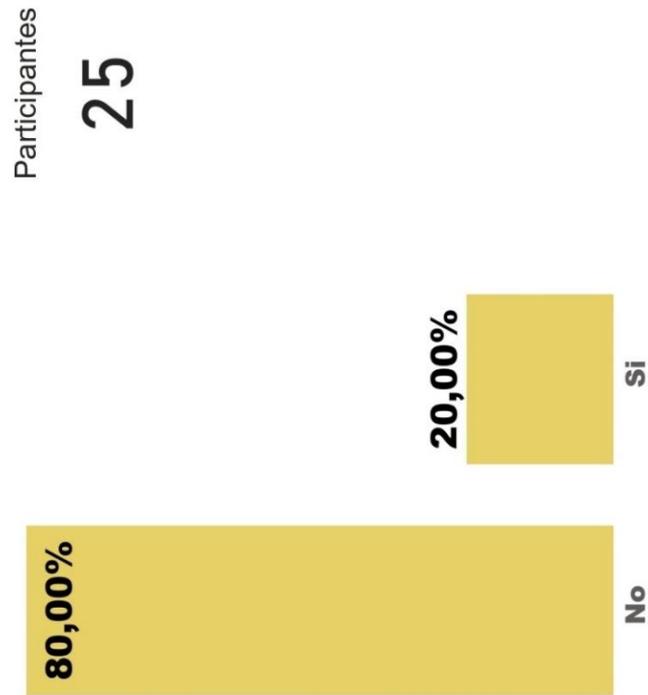
Participantes

25



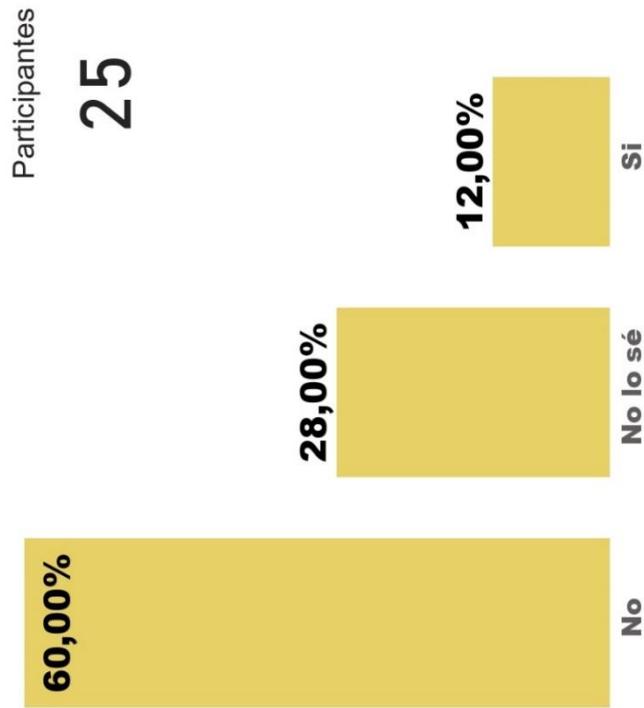


9. La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamentales o con el cliente.





10. ¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?

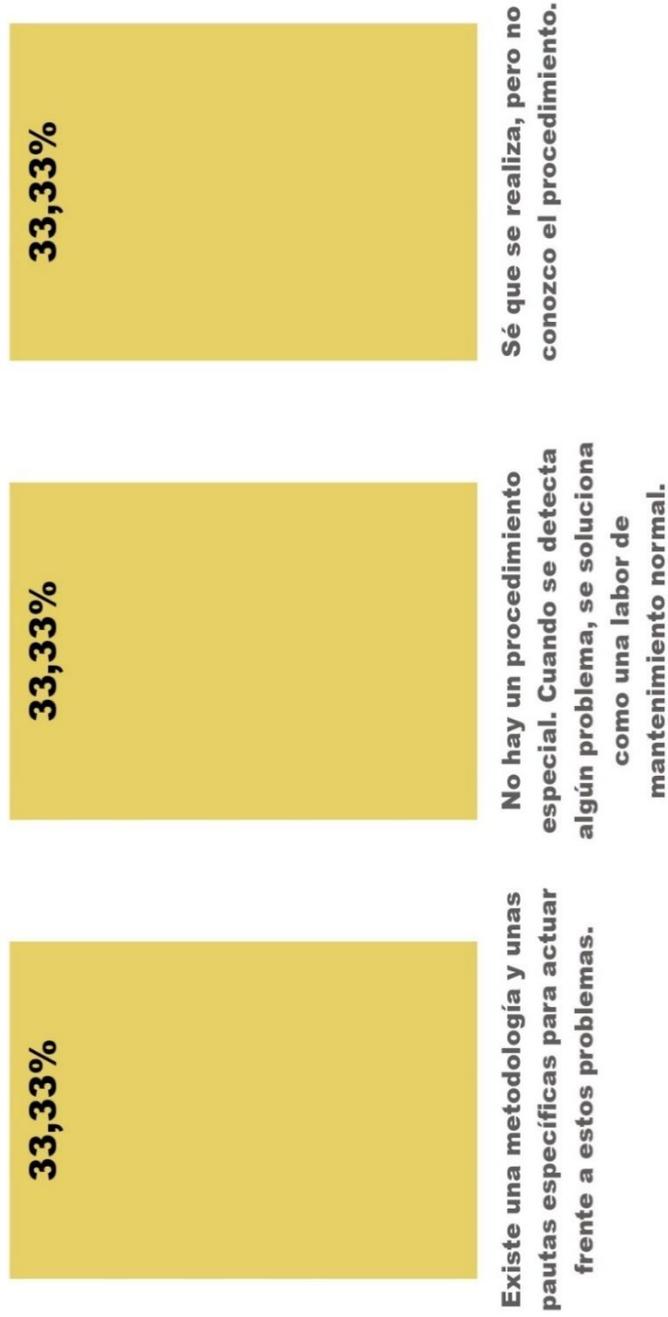




11. ¿De qué manera se realiza este seguimiento?

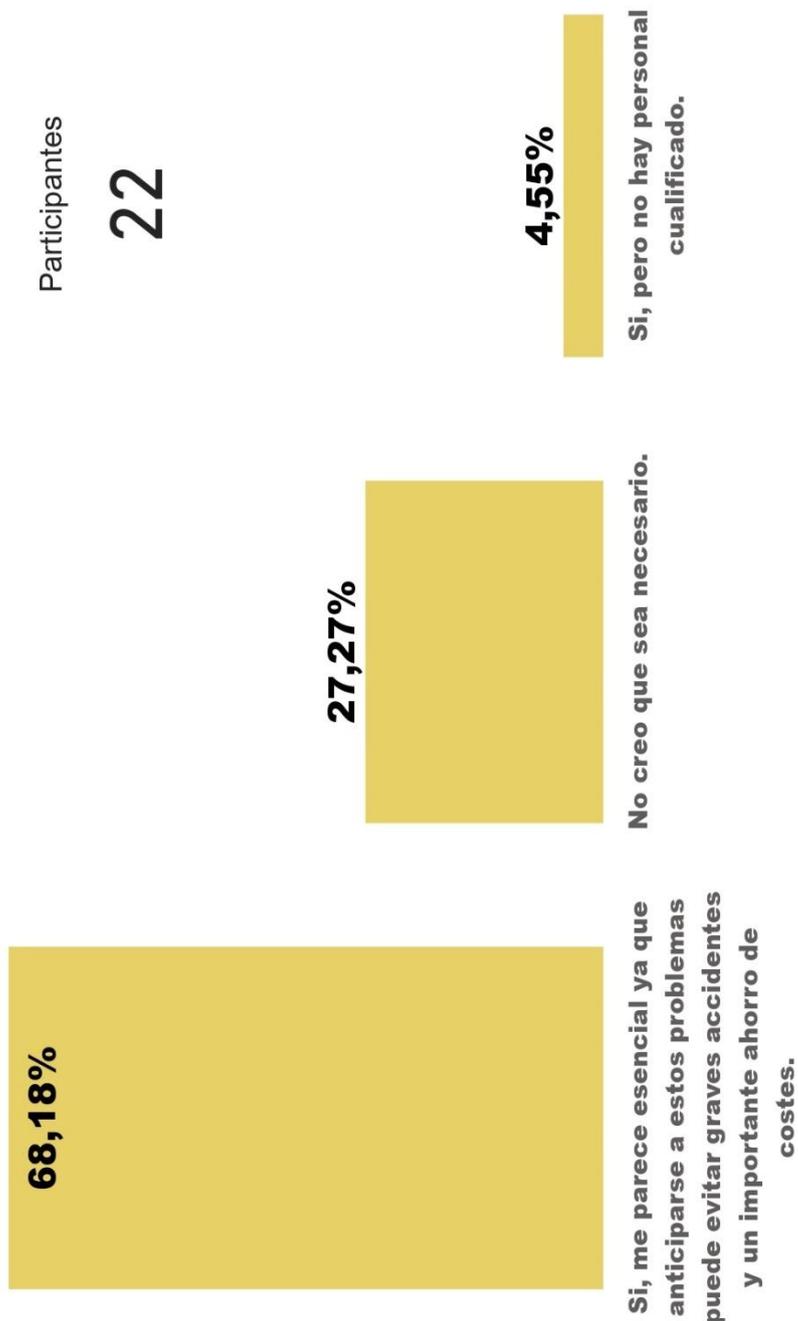
Participantes

3



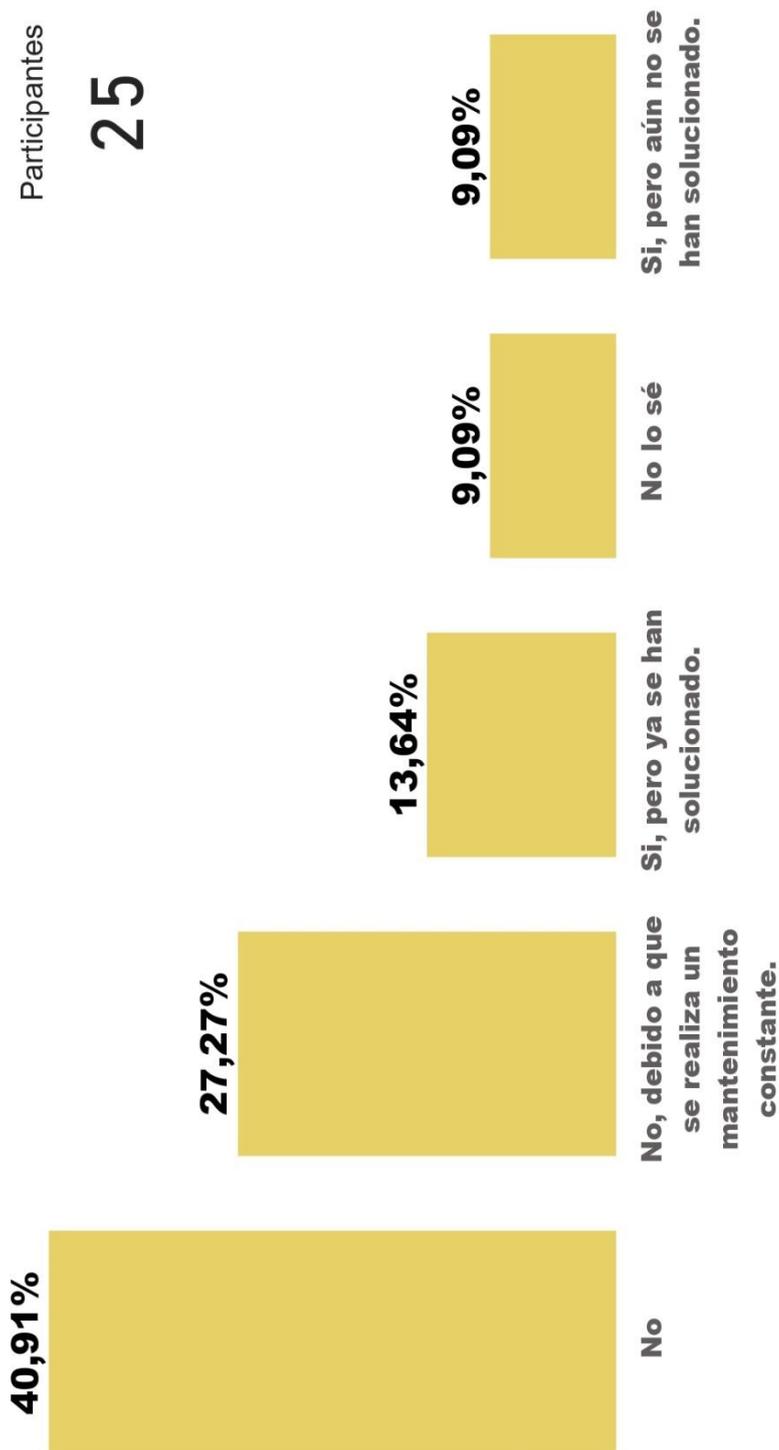


12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?



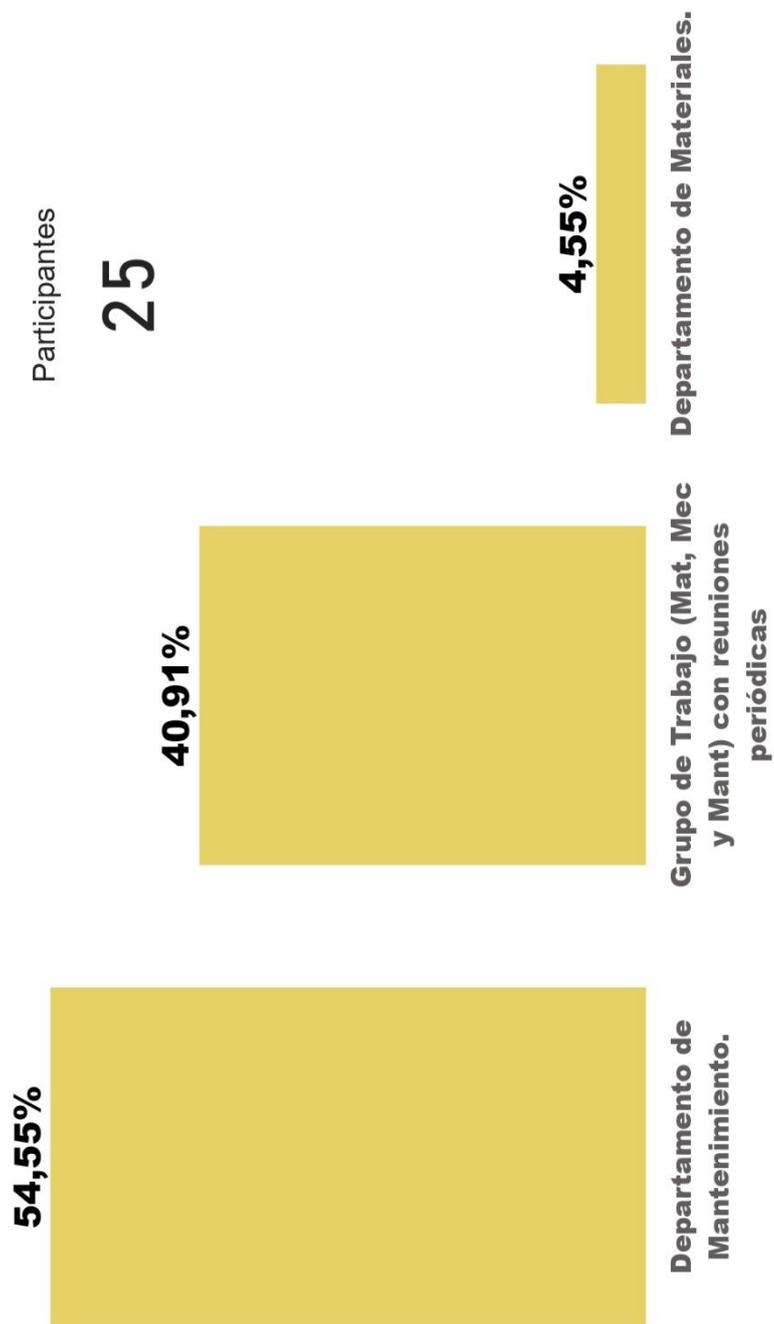


13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?

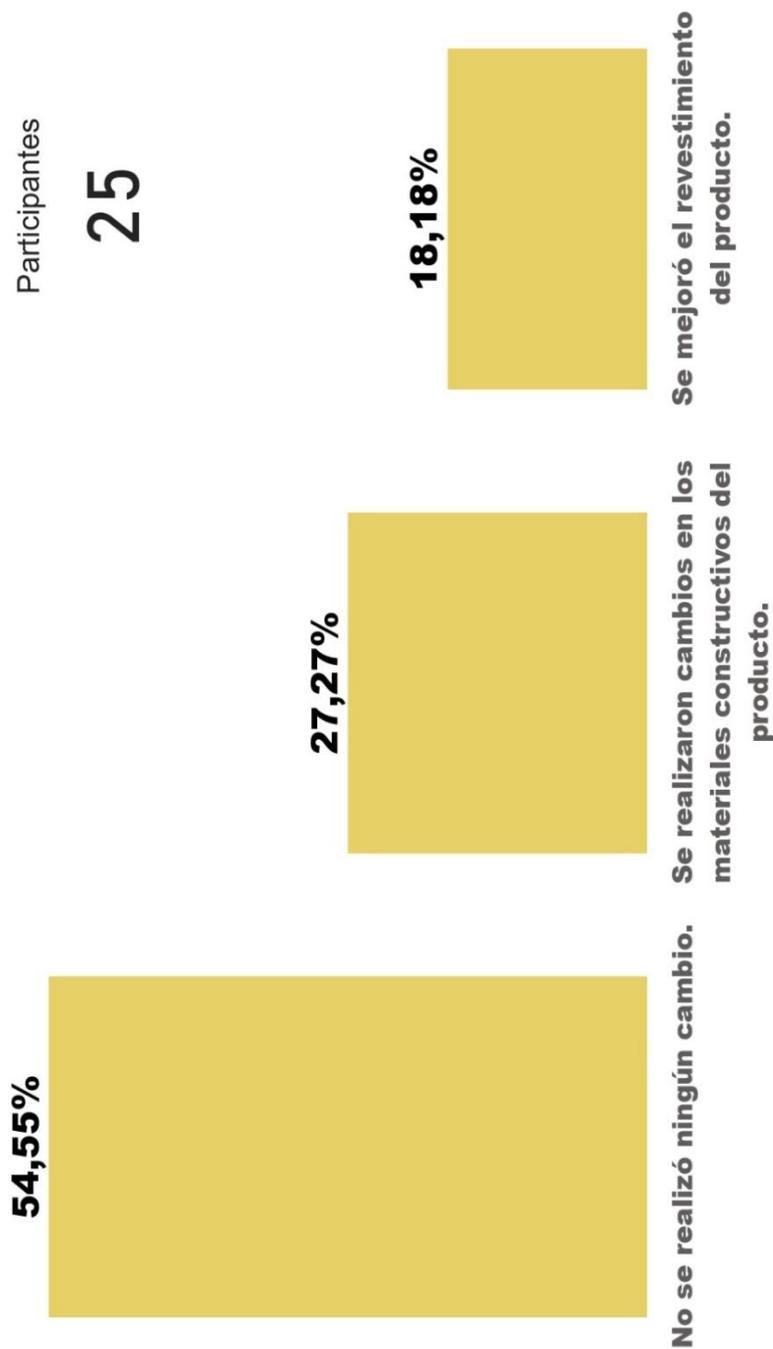




14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?



16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



Anexo 5: Gráficas del Sector de Generación de Energía.

Gráficos de las respuestas obtenidas por los participantes de la encuesta pertenecientes al Sector de la Generación de Energía.

7. Sabía que en España los costes anuales asociados a la corrosión son equivalentes al 6% del PIB, aproximadamente unos 310.000 millones de euros.

Participantes

12

66,67%

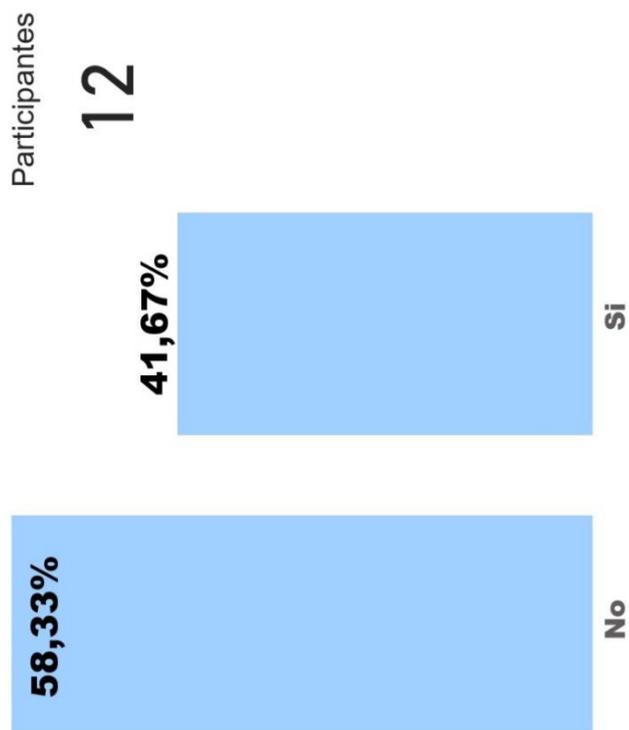
No lo sabía.

33,33%

Si, era consciente pero no conocia ese dato.



8. Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la
dirección de la empresa respecto a la corrosión.

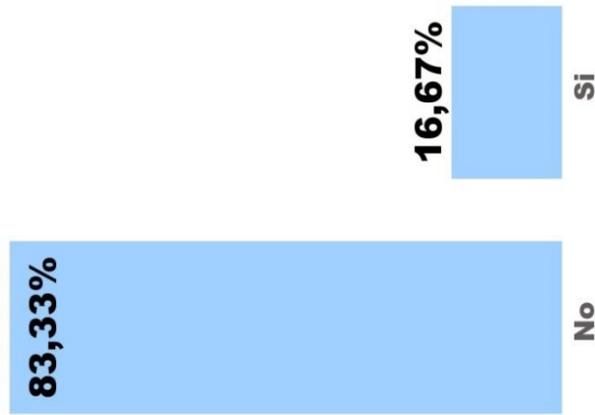




15. ¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?

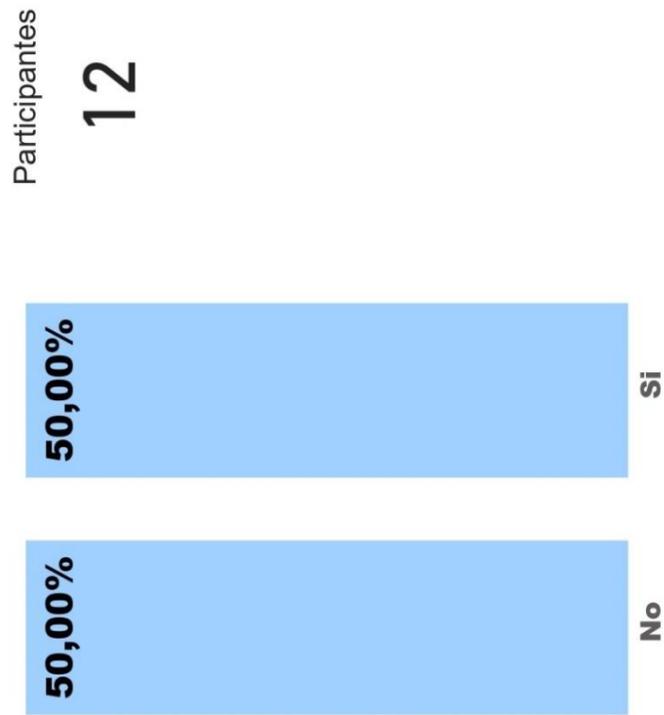
Participantes

12





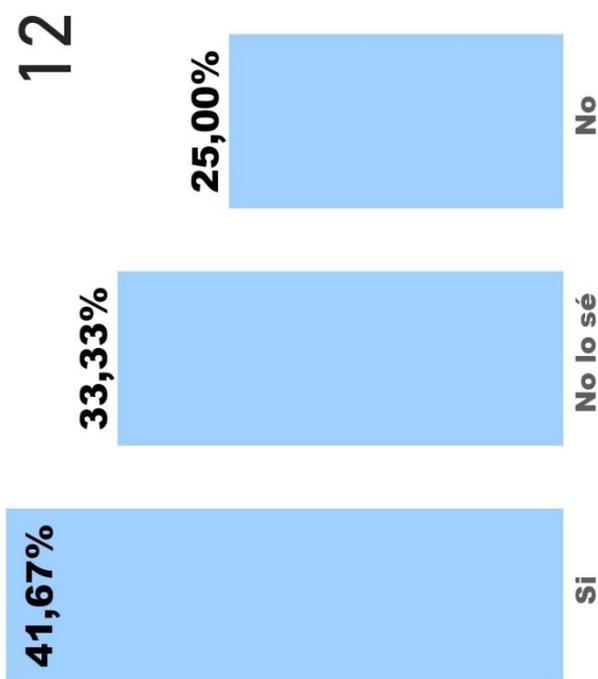
9. La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamentales o con el cliente.





10. ¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y
costes generados por la corrosión?

Participantes





11. ¿De qué manera se realiza este seguimiento?

Participantes

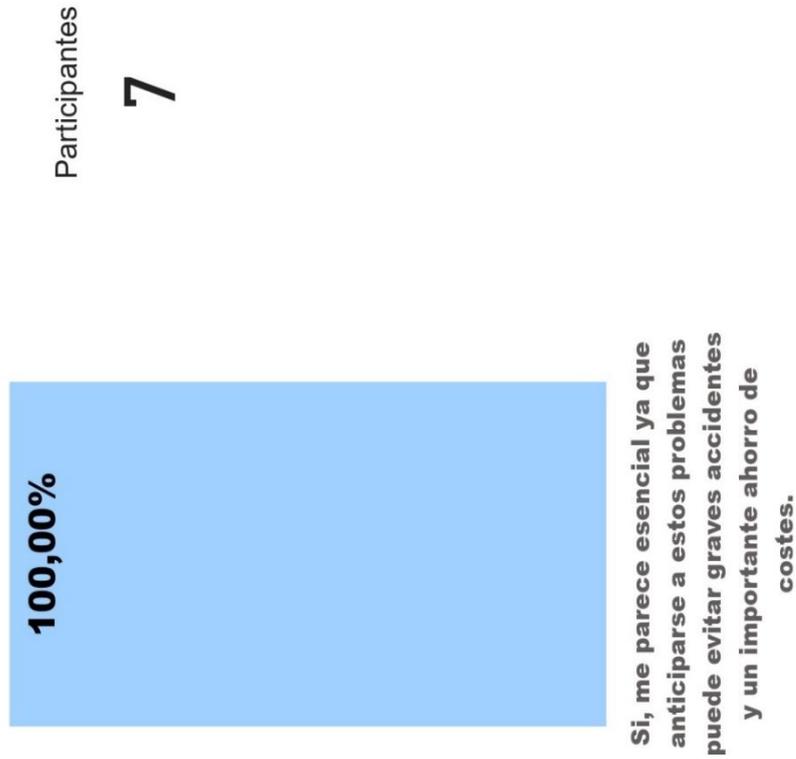
5

100,00%

Existe una metodología y unas pautas específicas para actuar frente a estos problemas.

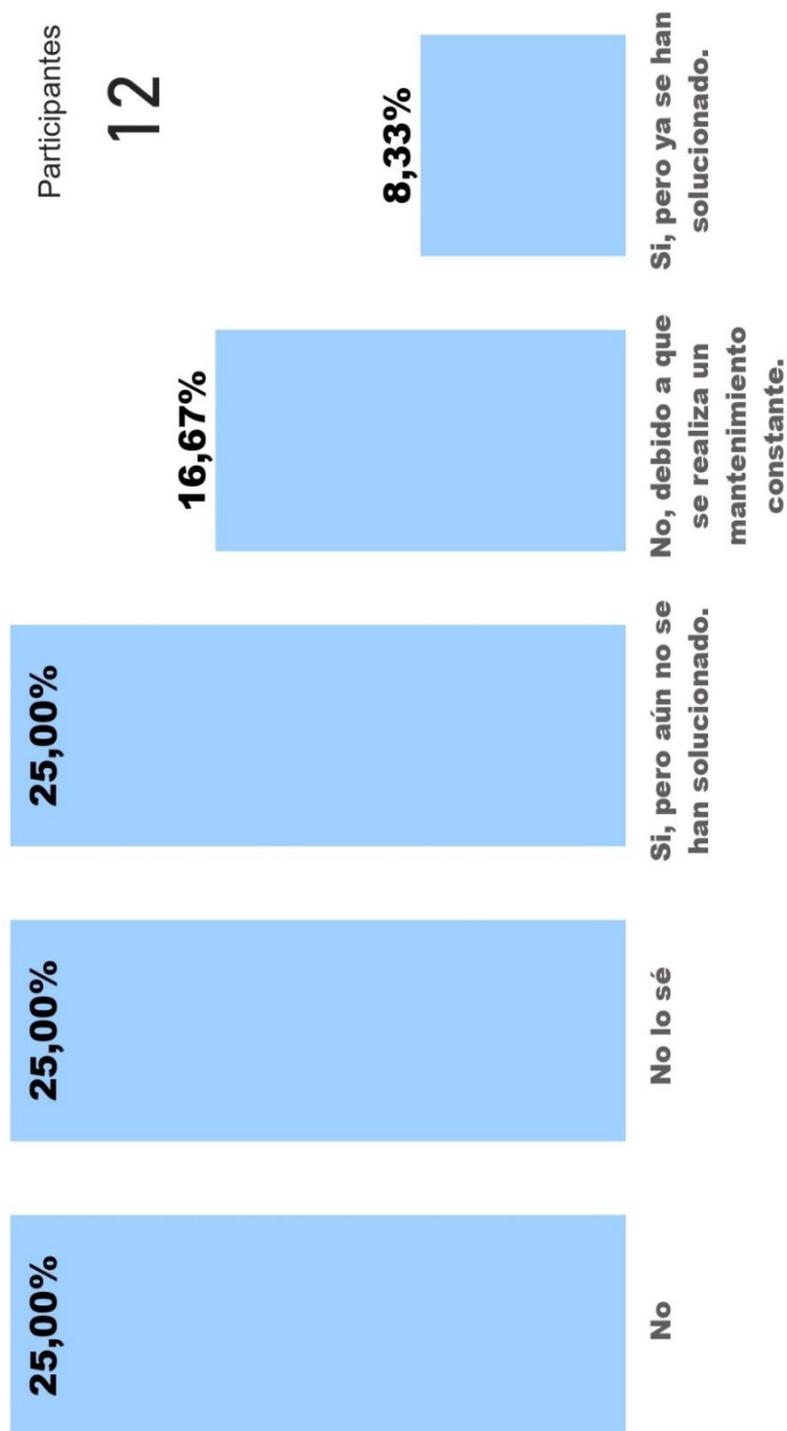


12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?



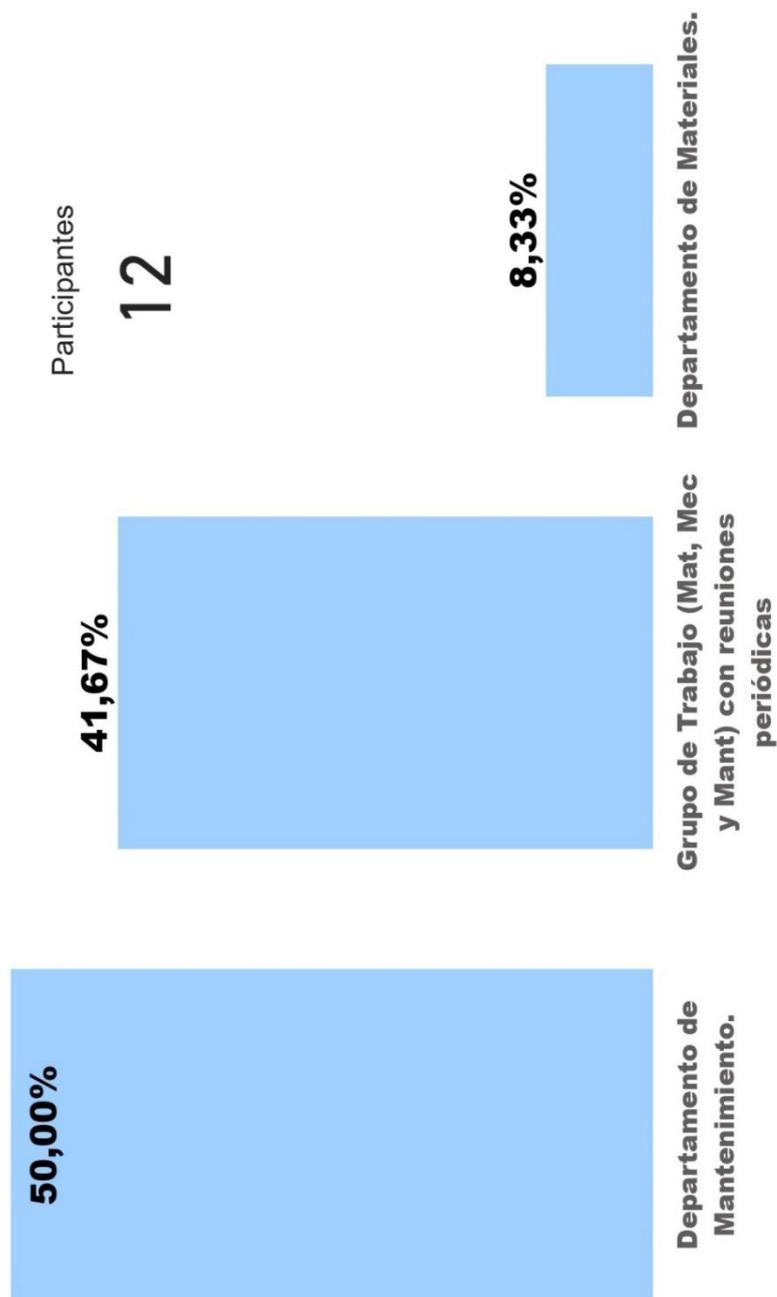


13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?



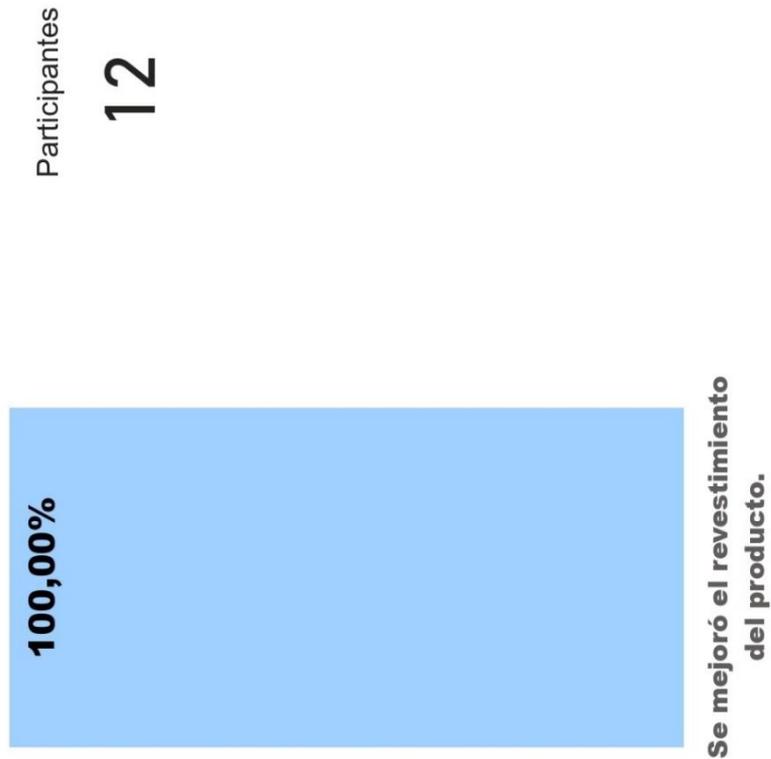


14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?





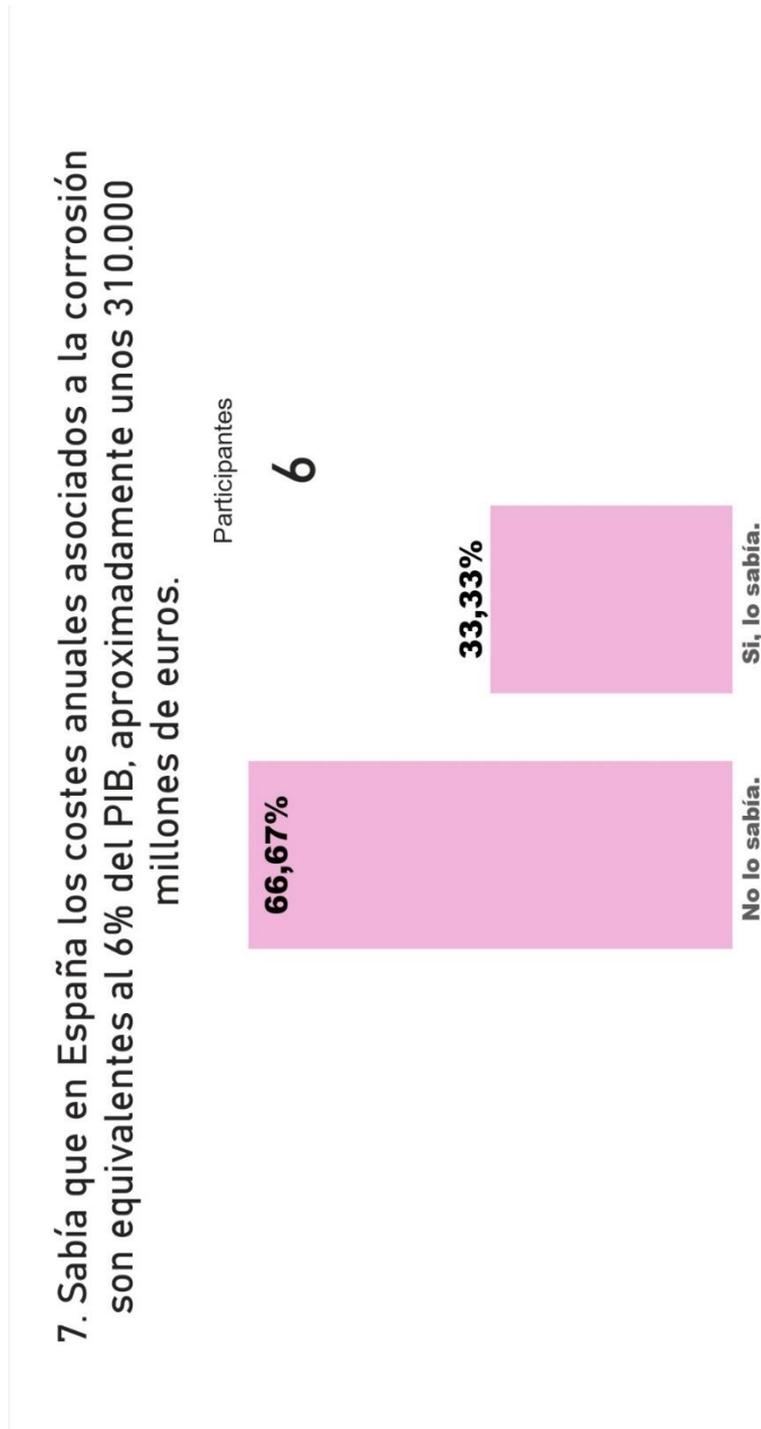
16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de
corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



+

Anexo 6: Gráficas del Sector de Logística y Transporte.

Gráficos de las respuestas obtenidas por los participantes de la encuesta pertenecientes al Sector de Logística y Transporte.

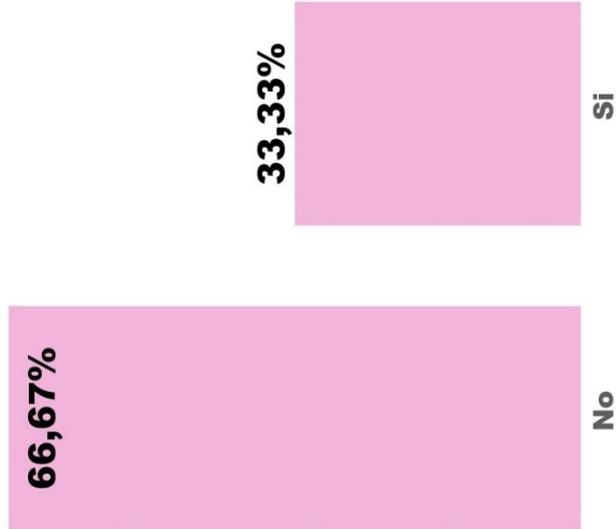




8. Podría decir que existe una concienciación especial por parte de la
dirección de la empresa respecto a la corrosión.

Participantes

6





15. ¿Conoce alguna norma internacional que trate la corrosión?

Participantes

6





9. La corrosión es un tema que se trata de manera habitual en las reuniones departamento o con el cliente.

Participantes

6





10. ¿Se realiza en su empresa un seguimiento de los problemas y costes generados por la corrosión?

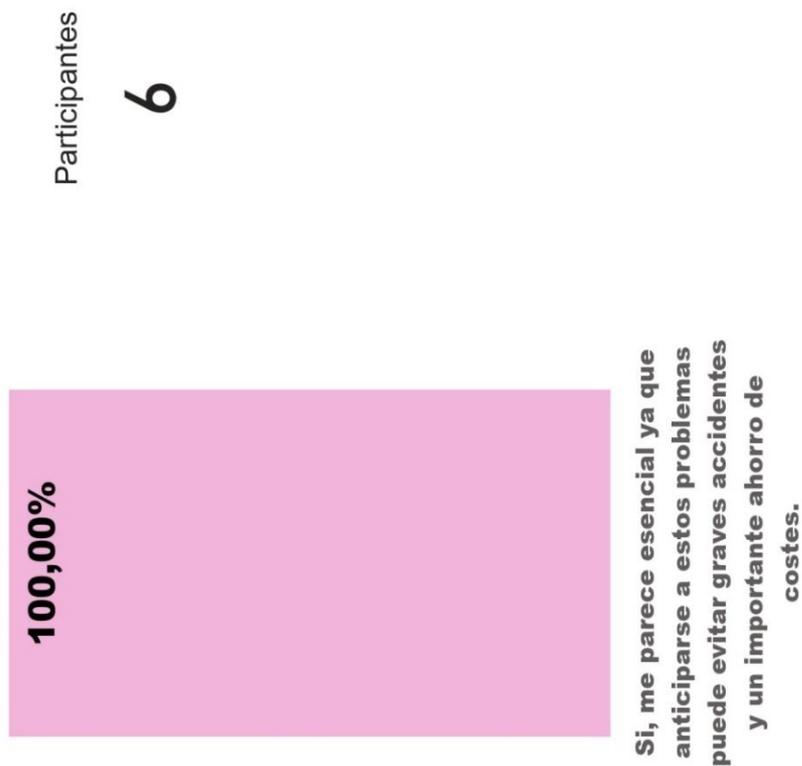
Participantes

6





12. ¿Cree que se debería realizar un seguimiento específico en los costes y problemas generados por la corrosión?

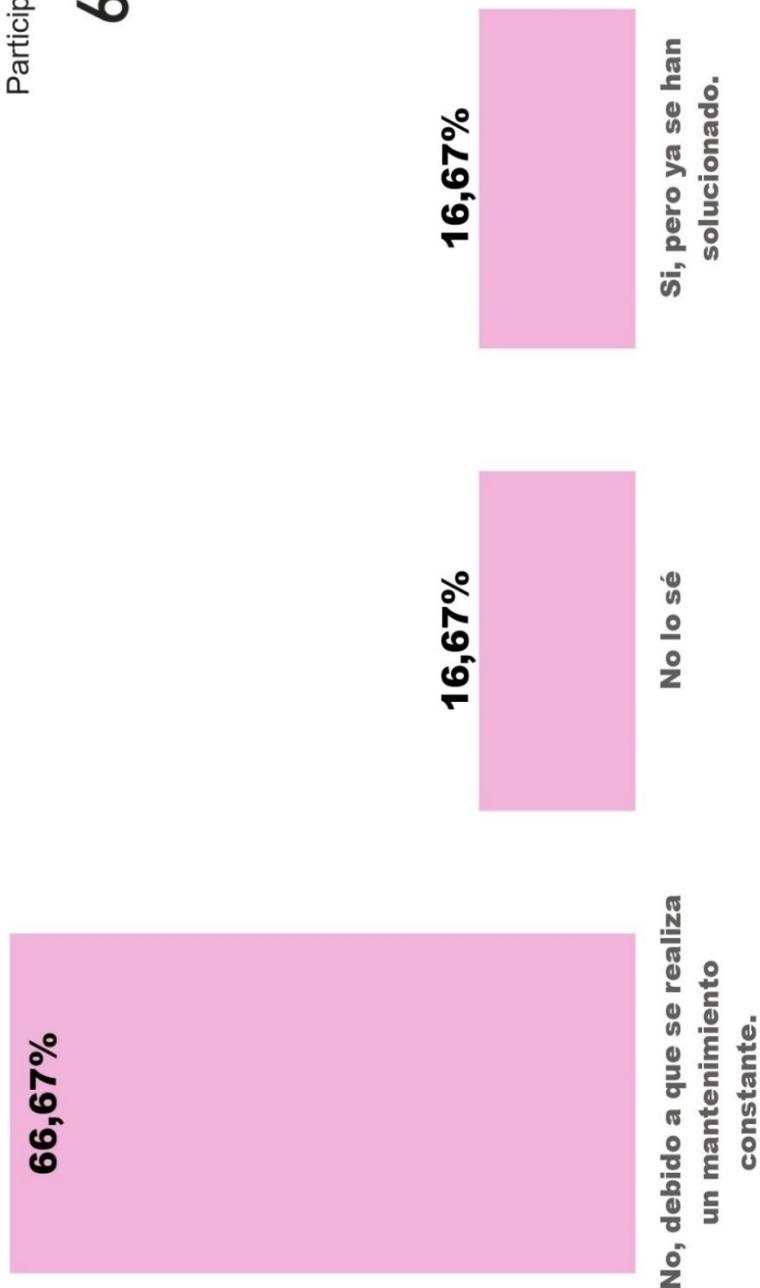




13. ¿Las instalaciones de su empresa (nave, herramientas, tuberías, ...) han sufrido daños debido a la corrosión ?

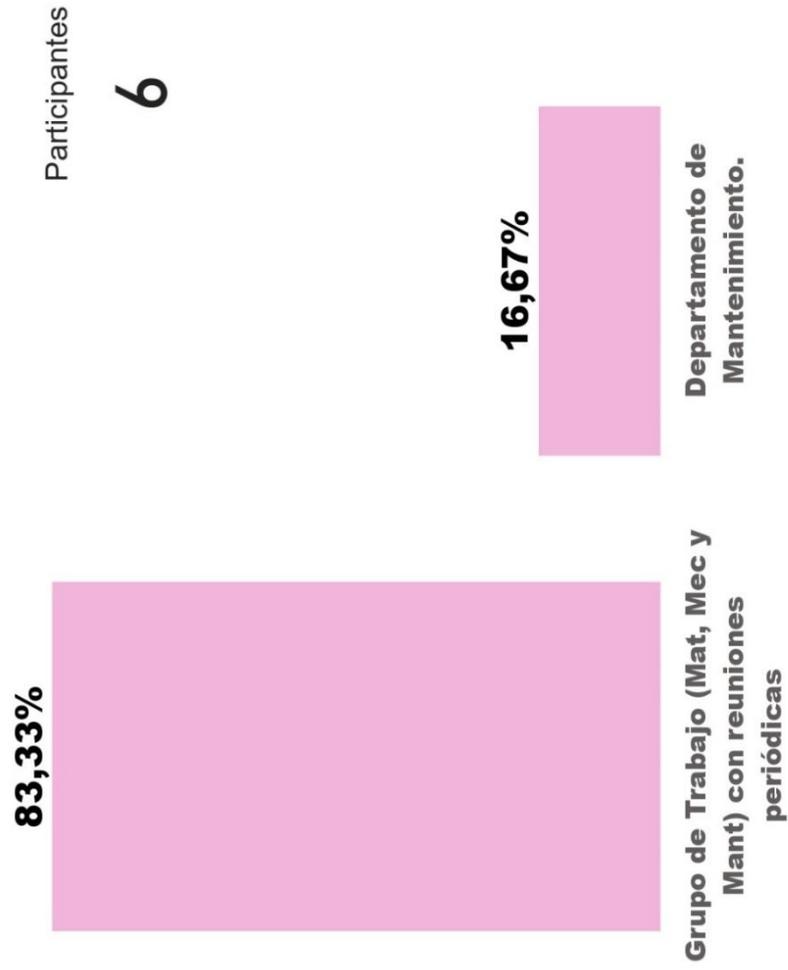
Participantes

6

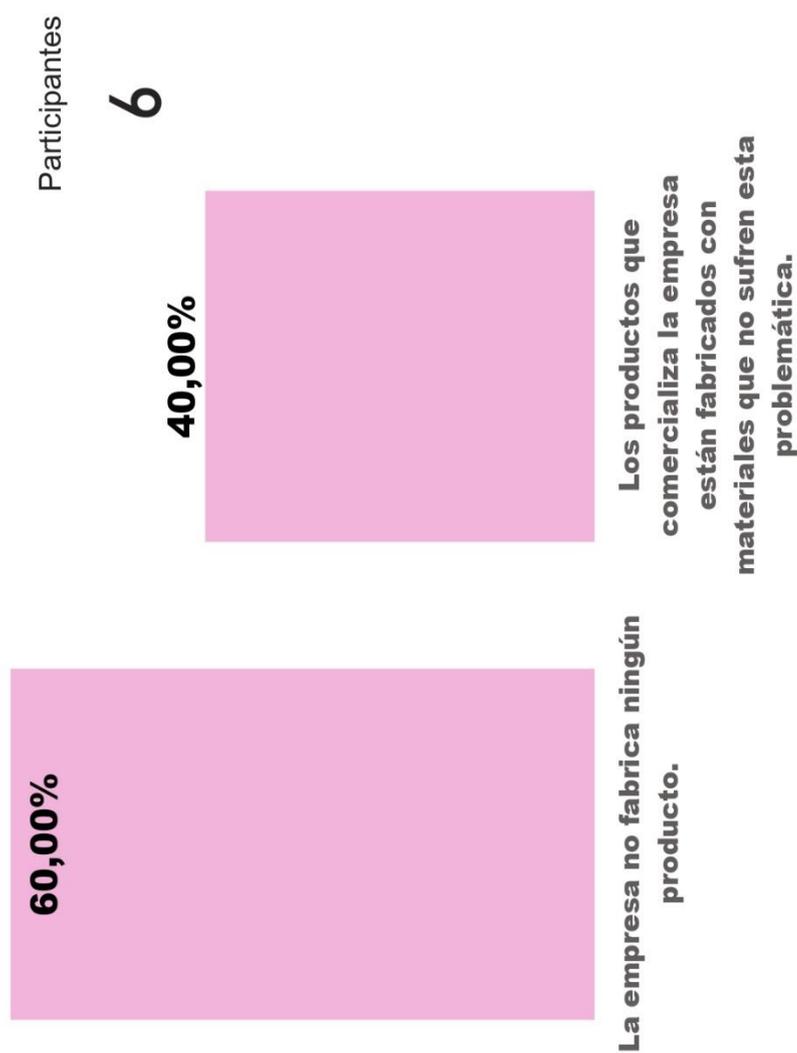




14. ¿Qué departamento debería hacerse cargo de la lucha frente a la corrosión?



16. Indique la o las medidas adoptadas frente a los problemas de corrosión que haya sufrido un producto de su empresa.



Anexo 7: Factura de compra de un tanque de etanol

Este documento muestra toda la información que nos debería facilitarnos el fabricante una vez que le pidamos presupuesto.



1/2

We thank you for your inquiry and send you hereby our quotation for:

Quotation no: 219217
 Date: 16/04/2019
 Delivery cond: DDP Site
 Description: Drukvat
 Payment: end of month + 30 days

Article	Description	Quantity	Unit price excl VAT (Euro)	Total
REF	BUDGET QUOTE REQUEST FOR PRESSURE VESSEL - your mail 25/03/2019			

O219217.1	Pressure vessel 5632-D-2134 - HDTMS Injection Tank	1	19.588,06	19.588,06
-----------	--	---	-----------	-----------

DESIGN DATA:
 - Design pressure: -0.005 / 0.02 barg
 - Design temperature: -20 / 65 °C
 - Specific weight: 0.89 kg/l

DIMENSIONS:
 - Position: vertical
 - Diameter: 1100 mm
 - Height tt: 1750 mm

MATERIALS:
 - Head (top) (flat): 8 mm / SA-240-316L
 - Shell: SA-240-316L
 - Head (bottom) (din 28011): 5 mm / SA-240-316L
 - Pipes: SA-312 TP316L
 - Flanges: SA-182 F316L
 - Supports (4 legs): SS316L
 - Bolts and nuts: A4-70
 - Accessories (lifting lugs, earthing lugs, davit, ...) : SS316L

NOZZLES:
 - MH 24" WN RF 150 lbs with blind, bolts, nuts, gasket and davit
 - 2" x 1 1/2" WN RF 150 lbs
 - 2" x 1 1/2" WN RF 150 lbs
 - 3" WN RF 150 lbs
 - 2" x 1" WN RF 150 lbs
 - 2" WN RF 150 lbs
 - 2" WN RF 150 lbs
 - 2" x 1 1/2" WN RF 150 lbs

NON-DESTRUCTIVE TESTING:
 - Visual inspection
 - Dimensional inspection
 - Penetrant inspection (100 % of welds)
 - Positive material identification (PMI)
 - Hydrotest

INSIDE TREATMENTS / FINISH:

General conditions of sale enclosed or at www.deprest.be/alg_vvw.pdf
 As a mutual guarantee and commitment for a fast settlement of controversies through arbitration, B.A.I. (Belgische Arbitrage Instelling) is charged with the appointment of arbitrators who will be authorized to settle for good any controversy arising from the current document as to the interpretation, the execution or the dissolution, in conformity with its regulations for operation that can be obtained free of charge at B.A.I., Lieven Bauwensstraat 20 at 8200 Brugge (tel.0032 50/32.35.95 and fax 0032 50/45.60.74). This clause replaces all other clauses.
 Deprest NV - Frank Van Dyckelaan 24 - 9140 Temse - Tel +32 (0)3 740.76.60 - Fax +32 (0)3 740.76.61 - info@deprest.be - www.deprest.be
 BE0431 053 845 - RPR Sint Niklaas - ING BE 96 3930 5101 3605-BIC BBRUBEBB - KBC BE54 7370 1997 7797-BIC KREDBEBB



QUOTATION (continued)

Quotation no: 219217

2/2

Date: 16/04/2019

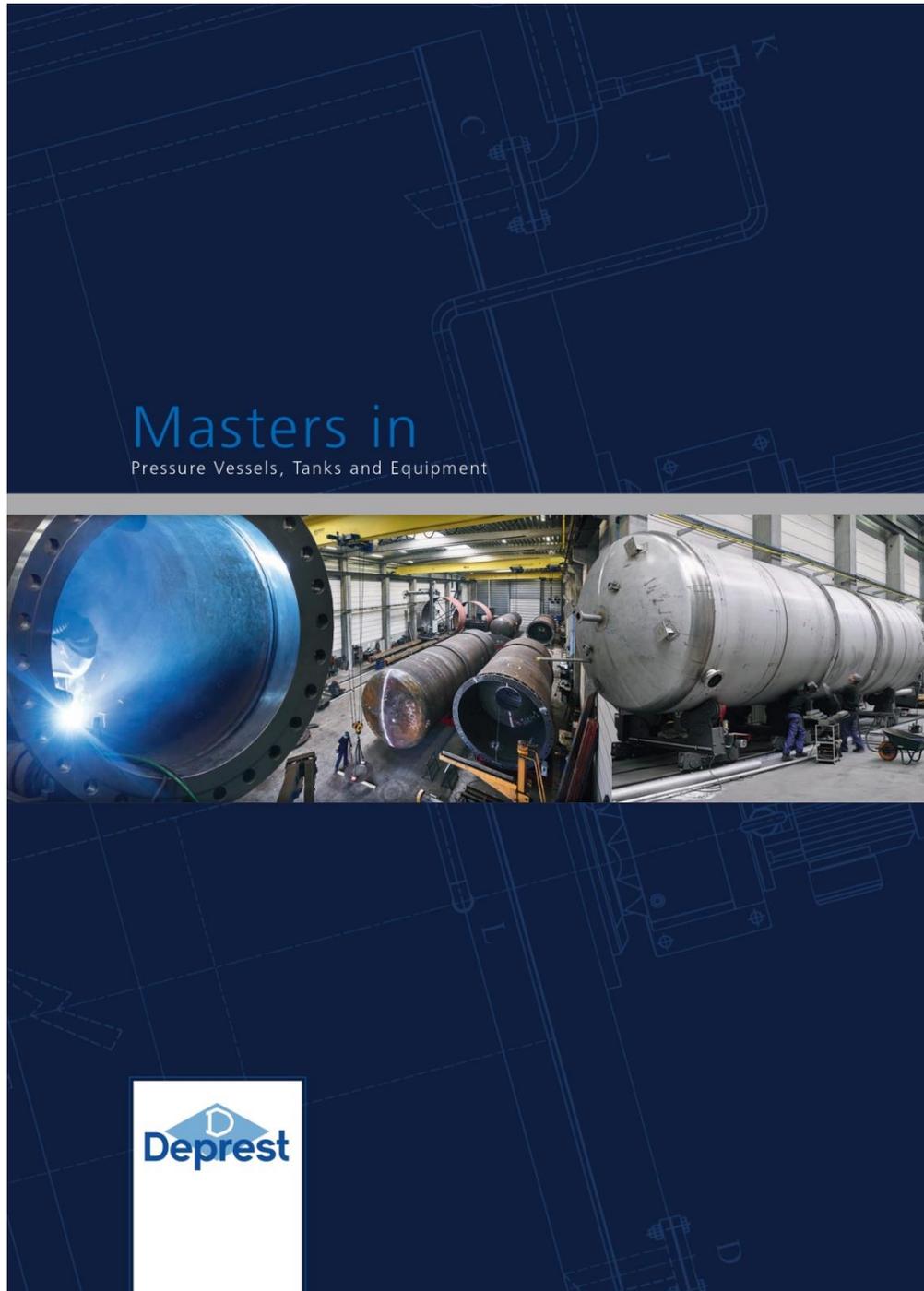
Article	Description	Quantity	Unit price excl VAT (Euro)	Total	
	- Pickling and passivating				
	OUTSIDE TREATMENTS / FINISH:				
	- Pickling and passivating				
	INCLUDED:				
	- Nameplate				
	- Construction drawings for approval				
	- Complete file (calculations, materialcertificates, welding data book, manual, As-built drawings,...)				
	- Transport to DDP Zwijndrecht				
	NOT INCLUDED:				
	- Insulation				
	- Tracing				
	- Ladders				
<hr/>					
OPM	Prices: net, in Euro, per piece, excl VAT				
	Price Validity: until 30/06/2019				
	Delivery: DDP Borealis Zwijndrecht, loaded on truck, unloading not included				
	Packaging: included				
	Delivery time: +/- 12 working weeks after receipt of all final layout drawings				
				Total excl VAT (Euro)	19.588,06

General conditions of sale enclosed or at www.deprest.be/alg_vww.pdf
 As a mutual guarantee and commitment for a fast settlement of controversies through arbitration, B.A.I. (Belgische Arbitrage Instelling) is charged with the appointment of arbitrators who will be authorized to settle for good any controversy arising from the current document as to the interpretation, the execution or the dissolution, in conformity with its regulations for operation that can be obtained free of charge at B.A.I., Lieven Bauwensstraat 20 at 8200 Brugge (tel.0032 50/32.35.95 and fax 0032 50/45.60.74). This clause replaces all other clauses.

Deprest NV - Frank Van Dyckelaan 24 - 9140 Temse - Tel +32 (0)3 740.76.60 - Fax +32 (0)3 740.76.61 - info@deprest.be - www.deprest.be
 BE0431 053 845 - RPR Sint Niklaas - ING BE 96 3930 5101 3605-BIC BBRUBEBB - KBC BE54 7370 1997 7797-BIC KREDBEBB

Anexo7: Catálogo enviado por los proveedores a la empresa

Se muestra un catálogo real enviado los proveedores a las fábricas para que compren sus productos. Con este catálogo los especialistas en corrosión y el Jefe de Corrosión deberían tomar las decisiones de compra y sustitución.



Who is Deprest?

Deprest NV is:

- an independent company in the engineering and fabrication of vessels, tanks and equipment for i.a. the oil and gas, chemical, petrochemical, pharmaceutical and food industry
- a flexible company with more than 80 years of experience in engineering and construction of pressure vessels and constructions
- a group of experienced people working with the latest technology in a fully equipped shop, making small and medium vessels up to a diameter of 8,5 meters
- our customers include both major companies and EPC contractors

We make vessels and equipment like: reactors, columns, atmospheric tanks, pressure vessels, storage tanks, separators, chocolate tanks, homogenizers, agitators, filters, test labs, double jacket vessels, half pipe jackets, extractors, crystallizers, hoppers, plate filters, absorbers, silos...

Pressure Vessel – Column – Storage Tank – Agitator – Filter – Test Lab –

– Homogenizer – Chocolate Tank – Chocolate Pump – Absorber – Plate



Materials

Deprest has extensive material knowledge and experience in welding of various alloys. Processed materials include:

- Frequently used carbon steel qualities : vessel plate P265GH, P355GH, P355NL1, P355NL2, SA387Gr11 and ASME SA 516 grade 60.
- Frequently used stainless steel grades: SS304L, SS316L, 1.4541 and 1.4571
- Special stainless steel types and nickel alloy materials such as different types of Hastelloy, Inconel, Incoloy, duplex (e.g. 904L/1.4539, 1.4462), superduplex (e.g. A825), SMO254, Uranus, alloy 59. For a full list of materials we can process, we refer to our website www.deprest.be





Deprest has a fully equipped workshop
and works with machines of the latest technology.

Machinery

Cutting



Plasma Table 12x4 m with rotating head

- Sheet surface: 12x4 m
- Thickness up to 120 mm of which 50 mm with infeed
- Pipes up to 700 mm diameter
- Preformed heads up to 4000 mm diameter
- Source: Kjellberg 440 A, type Hi Focus 440i
- With endlessly rotating 3D head
- Oblique cutting edges / welding preparation up to 50°
- Gantry is driven by precision linear guide system



Laser Cutting Machines up to 4000x2000, thickness 25 mm

Filter – Hopper – Chrystallizer – Extractor – Reactor – Half Pipe Vessel – Double Jacket Vessel – Atmospheric Tank – Separator – Equipment – Process Tank – Conc

Equipment and Machines



Plate Bending Rolls up to 40 mm thickness

- 3-roller, length 3000 mm, roll diameter 450 mm, sheets up to 40 mm
- 4-roller, length 3000 mm, roll diameter 250/220 mm, sheets up to 10 mm
- 3-roller, length 2500 mm, roll diameter 300 mm, sheets up to 20 mm
- 4-roller, length 2000 mm, roll diameter 110 mm, sheets up to 8 mm



Presses

- 150 tonne press with movable piston over a width of 1500 mm – stroke 400 mm
- Press brakes and bending machines up to 4000 mm and thickness 15 mm
- Punching machine 85 tonnes
- Profile bending rolls up to 4"



Machining workshop

- Sliding lathes: max diameter 820 mm
- Milling machine
- Various drill presses
- Various mechanical saws up to 460 mm diameter



Post-treatment/finishing

- Hall for spray pickling and passivating: 20x12 m fitted with overhead cranes
- Pickling and passivation bath 3500x1200x1200 mm
- Various sanding and grinding machines, fine finish possible
- Surface roughness measuring equipment
- Painting facility; other treatments by external partners
- Insulation, lining, PWHT, etc

Welding



Welding Crane for Submerged Arc Welding (SAW) and Semi-Automatic Welding

According to the following welding processes:

- Submerged arc welding (SAW) to 1000A, both AC and DC
- MIG/MAG welding (MIG-pulse, Pulse-on-Pulse, Power Mode, Rapid- Arc, STT) up to 500A
- Maximum diameter 5500 mm, length 24000 mm, up to 50 tonnes
Equipped with a 360° rotating arm, 2d tracing system, 15 tonnes turntable, 2 sets of self-adjusting roller settings up to 25 tons/set
- Can weld horizontally as well as vertically



Plasma Keyhole welding (PAW)

- Full penetration weld in stainless steel up to 8 mm without weld preparation
- Very suitable for butt weld and fillet weld



Other Welding Devices and Accessories

- TIG, MIG/MAG, SMAW, STT, TPS/i welding processes
- Turntables and rotators
- Large database of PQR's, WPO's, WPS's
- Cooperation with notified bodies for destructive and non destructive testing
- PT testing
- Welding engineers (IWE), welding technologist (IWT) and welding specialist (IWS)

ensor –



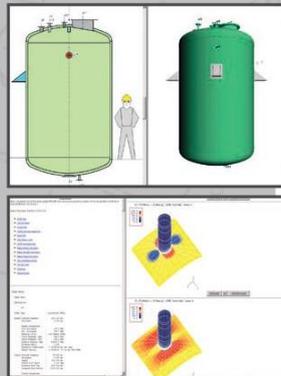
Infrastructure



Building

- Fully equipped workshop area, 5500 m2
- With separate halls for processing carbon steel, stainless steel and special alloys
- Test zones for hydraulic tests
- Fitted for projects up to 100 tonnes, largest doors 9x9 m
- Equipped with overhead cranes (26 hoists)
- Height of the welding and finishing department: 18 m
- Located near the Scheldt river, transportation by ship is possible





Engineering, Calculation and Design

Fabricating pressure vessels starts with the engineering process:

- Deprest designs according to PED 2014/68/EU directive and is certified for the welding of pressure vessels according to :
EN13445
AD2000
ASME VIII
- Deprest also designs atmospherical tanks according to API650, EN14015 and local standards (like Vlarex)
- Cad design software 2D and 3D
- Calculation software for pressure vessels and equipment (Autopipe Vessel)
- Software for calculation of nozzle loads (Nozzle Pro)
- Other calculations if necessary by external partners (design by analysis - FEA)

Filter – Hopper – Chrystallizer – Extractor – Reactor – Half Pipe Vessel – Double Jacket Vessel – Atmospheric Tank – Separator – Equipment – Process Tank –



Inspections, Quality Assurance and Document Management

Offering a high-quality product and good service is extremely important to us. Each project, large or small, is prepared and carried out with the utmost care. Our integrated quality system is a guiding principle for constantly monitoring our quality. Moreover, we strive for continuous improvement of internal processes, without losing sight of the general standards and regulations:

- Deprest is certified for the welding of pressure vessels according to various codes (EN13445, AD2000, ASME) and also have welding certification ISO 3834-2/BS in addition to the ISO 9001:2015 certificate.
- All our welders are certified
- Internal pressure testing up to 160 bar
- Deprest works closely with various notified bodies.
- ERP software includes document management, traceability and material certificates management
- The customer receives a fully documented file according to the required specs.
- Certified EN1090-2 up to EXC3 + EN1090-3 up to EXC3



Deprest is specialised in the design and manufacturing of pressure vessels, tanks, chocolate vessels and pumps. Our customers are mainly situated in the chemical, petrochemical, oil, gas, pharmaceutical and food industry. Pressure vessels are calculated by our own engineering department and executed in conformity with the European legislation. Projects are realized in stainless steel, carbon steel, duplex or special alloys. Deprest is certified according to ISO 9001 and for its welding activities according to ISO 3834-2/BS and EN1090-2 and-3 up to EXC3.

Deprest works merely for the big chemical and petrochemical companies like Borealis, Covestro, Dow Chemicals, Evonik, Ineos, Kaneka, Lanxess, Styron, Total, Vynova, as well as for some major pharmaceutical companies like Baxter, Johnson and Johnson, Novartis, Pfizer, EPC contractors and engineering consultants like Jacobs, KH engineering, Sweco and some food companies like Barry Callebaut, Puratos, ...



Deprest nv

Frank Van Dyckelaan 24 • 9140 Temse • Belgium
Tel. +32 (0)3 740 76 60 • fax +32 (0)3 740 76 61
E-mail: info@deprest.be • www.deprest.be

