



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“EVALUACIÓN DE UN DESOXIDANTE FOSFATADO COMO  
TRATAMIENTO DE REMOCIÓN DE ÓXIDO PARA LA EMPRESA  
CAMI INGENIERÍA DE PROCESOS”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** DÉBORA FIORELA CALVA ODERICO

**DIRECTOR:** ING. MABEL PARADA

Riobamba - Ecuador

2021

**©2021, Débora Fiorela Calva Oderico**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, DÉBORA FIORELA CALVA ODERICO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 7 de septiembre de 2021

**Débora Fiorela Calva Oderico**

**060390745-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE UN DESOXIDANTE FOSFATADO COMO TRATAMIENTO DE REMOCIÓN DE ÓXIDO PARA LA EMPRESA CAMI INGENIERÍA DE PROCESOS**, realizado por la señorita **DÉBORA FIORELA CALVA ODERICO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>ING. RAÚL DÁVALOS MIEMBRO DELEGADO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-09-07
<b>ING. MABEL PARADA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2021-09-07
<b>ING. RAMIRO CEPEDA MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-09-07

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Titulación está dedicado a quien es mi todo y mi sustento, a aquel cuya ayuda y bendición me han acompañado hasta aquí, aquel que siempre me abraza con su infinita gracia Dios. A mis padres Carlos y Maise por estar siempre a mi lado, por amarme y apoyarme incondicionalmente, por estar presentes en cada paso que doy a pesar de todo. A mis hermanos que siempre me han inspirado a ser la mejor versión de mí. A toda mi familia por brindarme su entusiasmo para seguir adelante y a aquellas personas que han sido un gran apoyo en mi vida.

Débora

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios por darme la salud y vida para alcanzar este logro porque es una afirmación de las promesas que tiene para mí.

Gracias a mis queridos padres por guiarme y alentarme cada día, por ser los pilares de mi vida y apoyarme incondicionalmente. A mis hermanos que con sus sonrisas y cariño me han impulsado para seguir adelante. Gracias a toda mi familia que me han apoyado en todo momento para culminar esta etapa de mi vida.

Gracias a mis entrañables amigos por estar a mi lado en todo momento, por su valiosa amistad y por brindarme apoyo moral y humano en los momentos más difíciles de esta profesión.

Gracias a cada uno de mis docentes que me han impartido no solo conocimientos académicos, sino que también forjaron valores de vida para mi desarrollo integral. Un agradecimiento especial a la Ing. Mabel Parada por ayudarme con su guía y conocimientos para la culminación del presente trabajo.

Y gracias a todas aquellas personas que me apoyaron de una forma u otra para finalizar tan esperado sueño, a todos muchas gracias e infinitas bendiciones.

Débora

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO .....	4
1.1 Antecedentes de la Investigación .....	4
1.2 Antecedentes empresariales .....	5
1.3 Marco Conceptual o Glosario .....	6
1.3.1 <i>Corrosión</i> .....	6
1.3.1.1 <i>Tipos de corrosión según el mecanismo de acción</i> .....	6
1.3.1.2 <i>Tipos de corrosión según el desgaste superficial</i> .....	7
1.3.1.3 <i>Corrosión de otros tipos</i> .....	8
1.3.1.4 <i>Grados de corrosión metálica</i> .....	8
1.3.2 <i>Hierro y Acero</i> .....	10
1.3.2.1 <i>Tipos de Acero</i> .....	10

1.3.3	<i>Prevención de la corrosión</i> .....	11
1.3.4	<i>Desoxidante</i> .....	11
1.3.5	<i>Fosfatizado o fosfatización</i> .....	11
1.3.5.1	<i>Métodos de fosfatizado</i> .....	11
1.3.6	<i>Ácido oxácido</i> .....	12
1.3.7	<i>Ácido mineral</i> .....	12
1.3.8	<i>Surfactante no polar</i> .....	12
1.3.8.1	<i>Nonilfenol etoxilato</i> .....	12
1.3.9	<i>Pruebas BRESLE</i> .....	13

## CAPÍTULO II

2.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	15
2.1	<b>Hipótesis y especificación de las variables</b> .....	15
2.1.1	<i>Hipótesis General</i> .....	15
2.1.2	<i>Hipótesis Específicas</i> .....	15
2.1.3	<i>Identificación de variables</i> .....	16
2.1.3.1	<i>Variables dependientes</i> .....	16
2.1.3.2	<i>Variables independientes</i> .....	16
2.1.4	<i>Operacionalización de variables</i> .....	17
2.1.5	<i>Matriz de consistencia</i> .....	18
2.2	<b>Tipo y diseño de la investigación</b> .....	20
2.2.1	<i>Deductivo</i> .....	20
2.2.2	<i>Inductivo</i> .....	20
2.2.3	<i>Experimental</i> .....	20
2.3	<b>Unidad de análisis</b> .....	20
2.4	<b>Población de Estudio</b> .....	21
2.5	<b>Tamaño de muestra</b> .....	21



2.6	<b>Selección de la muestra</b> .....	21
2.7	<b>Técnicas de recolección de datos</b> .....	23
2.7.1	<i>Localización</i> .....	23
2.7.2	<i>Preparación de probetas de acero negro y acero suave</i> .....	23
2.7.3	<i>Elaboración de la formulación desoxidante</i> .....	25
2.7.4	<i>Técnicas para determinación de propiedades físicas, químicas y reológicas</i> .....	26
2.7.4.1	<i>Densidad</i> .....	26
2.7.4.2	<i>Potencial hidrógeno (pH)</i> .....	28
2.7.4.3	<i>Viscosidad</i> .....	29
2.7.5	<i>Aplicación del producto en probetas</i> .....	30
2.7.6	<i>Determinación de la corrosión en probetas posterior a los tratamientos de desoxidación</i> .....	31
2.7.6.1	<i>Preparación de soluciones</i> .....	32
2.7.6.2	<i>Procedimiento operatorio</i> .....	33
2.7.6.3	<i>Análisis volumétrico para determinar la concentración de iones de hierro</i> .....	34

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	35
3.1	<b>Análisis de resultados</b> .....	35
3.1.1	<i>Resultados de la elaboración del desoxidante fosfatado</i> .....	35
3.1.2	<i>Resultados de las pruebas físicas, químicas y reológicas</i> .....	36
3.1.2.1	<i>Resultados de las pruebas de Densidad</i> .....	36
3.1.2.2	<i>Resultados de las pruebas de Potencial de hidrógeno (pH)</i> .....	38
3.1.2.3	<i>Resultados de las pruebas de Viscosidad</i> .....	38
3.1.2.4	<i>Resultados de las pruebas físicas, químicas y reológicas del desoxidante Comercial</i> .....	40
3.1.3	<i>Tiempo de acción del desoxidante elaborado y comercial</i> .....	41
3.1.3.1	<i>Comparación de los tiempos de acción de los desoxidantes elaborados vs desoxidante Comercial XXX</i> .....	45

<b>3.1.4</b>	<b><i>Resultados de las pruebas Bresle</i></b> .....	<b>46</b>
<b>3.1.4.1</b>	<i>Resultados de pruebas Bresle en probetas Blanco</i> .....	<b>47</b>
<b>3.1.4.2</b>	<i>Resultados de pruebas Bresle en probetas tratadas con desoxidante elaborado</i> .....	<b>47</b>
<b>3.1.4.3</b>	<i>Resultados de pruebas Bresle en probetas tratadas con desoxidante comercial</i> .....	<b>49</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Análisis estadístico de las pruebas físicas, químicas, reológicas y pruebas Bresle</i></b> ....	<b>52</b>
<b>3.1.5.1</b>	<i>Prueba física - densidad</i> .....	<b>52</b>
<b>3.1.5.2</b>	<i>Prueba química - pH</i> .....	<b>52</b>
<b>3.1.5.3</b>	<i>Prueba reológica – viscosidad</i> .....	<b>53</b>
<b>3.1.5.4</b>	<i>Prueba Bresle</i> .....	<b>53</b>
<b>3.1.6</b>	<b><i>Comparación entre el desoxidante comercial y el desoxidante elaborado</i></b> .....	<b>54</b>
<b>3.1.7</b>	<b><i>Costos de producción a nivel laboratorio</i></b> .....	<b>55</b>
<b>3.2</b>	<b>Prueba de Hipótesis</b> .....	<b>57</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Hipótesis 1</i> .....	<b>57</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Hipótesis 2</i> .....	<b>58</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Hipótesis 3</i> .....	<b>58</b>
<b>3.2.4</b>	<i>Hipótesis 4</i> .....	<b>59</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Propuesta para la producción del desoxidante fosfatado</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1.1</b>	<i>Diagrama del proceso de producción del Desoxidante Fosfatado</i> .....	<b>61</b>
<b>4.1.2</b>	<i>Diseño Técnico</i> .....	<b>62</b>
<b>4.1.3</b>	<i>Presentación del producto</i> .....	<b>62</b>
<b>4.1.4</b>	<i>Capacidad de producción</i> .....	<b>63</b>
<b>4.1.5</b>	<i>Costos comerciales</i> .....	<b>64</b>
	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>66</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>69</b>

**RECOMENDACIONES**.....70

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Grado de corrosión tipo A. ....	8
<b>Figura 2-1.</b> Grado de corrosión tipo B.....	9
<b>Figura 3-1.</b> Grado de corrosión tipo C.....	9
<b>Figura 4-1.</b> Grado de corrosión tipo D. ....	9
<b>Figura 5-1.</b> Estructura del nonilfenol etoxilato.....	13
<b>Figura 6-1.</b> Parches Bresle para análisis de superficies .....	14
<b>Figura 1-2.</b> CAMI Ingeniería de Procesos.....	23
<b>Figura 2-2.</b> Preparación de probetas metálicas .....	24
<b>Figura 3-2.</b> Medición de probetas estandarizadas.....	24
<b>Figura 5-2.</b> Etiquetado de probetas estandarizadas corroídas. ....	24
<b>Figura 6-2.</b> Elaboración de desoxidante fosfatado.....	25
<b>Figura 7-2.</b> Materiales utilizados en la elaboración de desoxidante.....	25
<b>Figura 8-2.</b> Picnómetro de Gay-Lussac. ....	27
<b>Figura 9-2.</b> Procedimiento para la determinación de densidad. ....	27
<b>Figura 10-2.</b> Procedimiento para la determinación de pH. ....	28
<b>Figura 11-2.</b> Determinación de pH de la formulación F2A. ....	28
<b>Figura 13-2.</b> Aplicación de desoxidante a probetas metálicas corroídas, por inmersión.....	30
<b>Figura 14-2.</b> Aplicación de desoxidante a probetas metálicas corroídas, por rociado.....	31
<b>Figura 15-2.</b> Disoluciones para Prueba Bresle. ....	32
<b>Figura 16-2.</b> Procedimiento para análisis Bresle. ....	33
<b>Figura 17-2.</b> Elementos para análisis Bresle.....	33
<b>Figura 19-2.</b> Análisis volumétrico para determinar la densidad superficial de iones hierro. ....	34
<b>Figura 1-3.</b> Desoxidante Comercial de Adheplast .....	40
<b>Figura 2-3.</b> Remoción de óxido por Inmersión.....	41

<b>Figura 4-3.</b> Comparación de probeta A:F1-R3 antes y después del tratamiento por el método de Rociado (duración 3h 6,6min).....	43
<b>Figura 5-3.</b> Comparación de probeta A:F1-N1 antes y después del tratamiento por el método de Inmersión (duración 1h 3min).....	43
<b>Figura 6-3.</b> Comparación de probeta A:D-R1 antes y después del tratamiento con desoxidante comercial por el método de Rociado (duración 4h 15min).....	45
<b>Figura 7-3.</b> Comparación de probeta A:D-N1 antes y después del tratamiento con desoxidante comercial por el método de Inmersión (duración 3h 34min).....	45
<b>Figura 1-4.</b> Logo del desoxidante fosfatado .....	62
<b>Figura 2-4.</b> Etiqueta frontal desoxidante .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b> Distribución de los componentes de la formulación F1 de desoxidante. ....	36
<b>Gráfico 2-3.</b> Distribución de los componentes de la formulación F2 de desoxidante. ....	36
<b>Gráfico 3-3.</b> Densidad de iones hierro en probetas de Acero Negro y Acero Suave, antes y después del tratamiento con desoxidante F1, F2 y Comercial. ....	50
<b>Gráfico 4-3.</b> Porcentajes de remoción de óxido de las probetas corroídas de Acero Negro y Acero Suave después del tratamiento con desoxidante F1, F2 y Comercial. ....	51
<b>Gráfico 5-3.</b> Composición porcentual de la formulación óptima de desoxidante fosfatado.....	57
<b>Gráfico 6-3.</b> Comparación de la densidad de iones hierro en las probetas de acero negro y suave antes y después del tratamiento con desoxidante F1 .....	59
<b>Gráfico 1-4.</b> Diagrama de bloques del proceso de elaboración de desoxidante fosfatado.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Propiedades fisicoquímicas de distintos NPEO <sub>s</sub> .....	13
<b>Tabla 1-2.</b> Operacionalización de Variables .....	17
<b>Tabla 2-2.</b> Matriz de Consistencia .....	18
<b>Tabla 3-2.</b> Formulaciones del desoxidante fosfatado.....	21
<b>Tabla 4-2.</b> Diseño experimental para pruebas de desoxidante en acero negro. ....	22
<b>Tabla 5-2.</b> Diseño experimental para pruebas de desoxidante en acero suave. ....	22
<b>Tabla 6-2.</b> Diseño experimental para pruebas de desoxidante comercial en acero negro y acero suave. ....	22
<b>Tabla 7-2.</b> Formulación F1 de desoxidante. ....	25
<b>Tabla 8-2.</b> Formulación F2 de desoxidante. ....	26
<b>Tabla 9-2.</b> Resultados de la valoración según la Norma NTE INEN-ISO 8502-12. ....	34
<b>Tabla 1-3.</b> Formulaciones de la elaboración de desoxidante fosfatado.....	35
<b>Tabla 2-3.</b> Resultados de pruebas de densidad, Formulación F1 de desoxidante.....	37
<b>Tabla 3-3.</b> Resultados de pruebas de densidad, Formulación F2 de desoxidante.....	37
<b>Tabla 4-3.</b> Resultados de pruebas de pH, Formulación F1 de desoxidante .....	38
<b>Tabla 5-3.</b> Resultados de pruebas de pH, Formulación F2 de desoxidante .....	38
<b>Tabla 6-3.</b> Datos de viscosidad, Formulación F1 de desoxidante .....	39
<b>Tabla 7-3.</b> Datos de viscosidad, Formulación F2 de desoxidante .....	40
<b>Tabla 8-3.</b> Propiedades del desoxidante Comercial XXX.....	41
<b>Tabla 9-3.</b> Tiempo de acción del desoxidante F1 en las probetas metálicas corroídas.....	42
<b>Tabla 10-3.</b> Tiempo de acción del desoxidante F2 en las probetas metálicas corroídas.....	42
<b>Tabla 11-3.</b> Tiempos de acción de los tratamientos con desoxidante comercial .....	44
<b>Tabla 12-3.</b> Tiempos de acción de los tratamientos con desoxidante F1, F2 y comercial por el método de Rociado .....	45

<b>Tabla 13-3.</b> Tiempos de acción de los tratamientos con desoxidante F1, F2 y comercial por el método de Inmersión.....	46
<b>Tabla 14-3.</b> Densidad superficial de iones hierro Fe <sup>++</sup> en probetas Blanco .....	47
<b>Tabla 15-3.</b> Densidad superficial de iones hierro Fe <sup>++</sup> en probetas de Acero Negro .....	47
<b>Tabla 16-3.</b> Densidad superficial de iones hierro Fe <sup>++</sup> en probetas de Acero Suave .....	48
<b>Tabla 17-3.</b> Densidad superficial de iones hierro Fe <sup>++</sup> en probetas de Acero Negro y Acero Suave tratadas con desoxidante comercial .....	49
<b>Tabla 18-3.</b> Varianza de densidades de los desoxidantes F1 y F2 elaborados .....	52
<b>Tabla 19-3.</b> Varianza de pH de los desoxidantes F1 y F2 elaborados .....	52
<b>Tabla 20-3.</b> Varianza de viscosidad de los desoxidantes F1 y F2 elaborados .....	53
<b>Tabla 21-3.</b> Varianza de la densidad superficial de iones Fe <sup>++</sup> de las probetas de hacer negro y suave tratadas con los desoxidantes F1 y F2 .....	53
<b>Tabla 22-3.</b> Resultados generales del Desoxidante Fosfatado-Formulación F1 .....	54
<b>Tabla 24-3.</b> Resultados generales del Desoxidante Comercial .....	55
<b>Tabla 25-3.</b> Costos de compuestos para la producción de desoxidante Formulación F1 .....	56
<b>Tabla 26-3.</b> Costos de insumos para la producción de desoxidante Formulación 2 .....	56
<b>Tabla 27-3.</b> Formulación óptima de desoxidante fosfatado .....	57
<b>Tabla 28-3.</b> Datos de las propiedades del desoxidante fosfatado .....	58
<b>Tabla 1-4.</b> Diseño técnico del desoxidante fosfatado.....	62
<b>Tabla 2-4.</b> Capacidad de producción de Desoximetal, empresa CAMI Ingeniería de Procesos .....	63
<b>Tabla 3-4.</b> Costos de producción de un litro de DESOXIMETAL .....	64
<b>Tabla 4-4.</b> Costos de producción de un galón de DESOXIMETAL .....	64
<b>Tabla 5-4.</b> Precio de venta al público de DESOXIMETAL.....	64



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** NTE INEN-ISO 8502-12

**ANEXO B:** PROBTERAS BLANCO

**ANEXO C:** PROBETAS DE ACERO NEGRO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO  
POR ROCIADO E INMERSIÓN CON DESOXIDANTE F1

**ANEXO D:** PROBETAS DE ACERO NEGRO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO  
POR ROCIADO E INMERSIÓN CON DESOXIDANTE F2

**ANEXO E:** PROBETAS DE ACERO SUAVE ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO  
POR ROCIADO E INMERSIÓN CON DESOXIDANTE F1

**ANEXO F:** PROBETAS DE ACERO SUAVE ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO  
POR ROCIADO E INMERSIÓN CON DESOXIDANTE F2

**ANEXO G:** PROBETAS DE ACERO NEGRO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO  
POR ROCIADO E INMERSIÓN CON DESOXIDANTE COMERCIAL XXX

**ANEXO H:** PROBETAS DE ACERO SUAVE ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO  
POR ROCIADO E INMERSIÓN CON DESOXIDANTE COMERCIAL XXX

## **SIMBOLOGÍA**

<b>NACE</b>	National Association of Corrosion Engineers
<b>SSPC</b>	Steel Structures Painting Council
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Å</b>	angstrom
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>Fe<sup>++</sup></b>	Ión hierro de valencia 2+
<b>h</b>	hora
<b>min</b>	minutos
<b>s</b>	segundos
<b>g</b>	gramos
<b>mol</b>	moles
<b>NPEO<sub>x</sub></b>	Nonilfenol etoxilato de x moles
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>m</b>	metros
<b>mm</b>	milímetros
<b>ml</b>	mililitros
<b>cm<sup>3</sup></b>	centímetros cúbicos
<b>% v/v</b>	Porcentaje en volumen
<b>Pa.s</b>	Pascal por segundo
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>mg/m<sup>2</sup></b>	miligramo por metro cuadrado
<b>ud.</b>	Unidad

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar un desoxidante fosfatado para la empresa CAMI Ingeniería de Procesos, capaz de remover el óxido de superficies corroídas de acero, para lo cual se realizaron dos tipos de formulaciones de desoxidante aplicando el método de mezcla de componentes que fueron un ácido oxácido, ácido mineral, surfactante no polar y agua destilada, donde la mejor formulación consta del 50% de ácido oxácido, el cual se encarga de convertir el óxido en sales para retirar la herrumbre del metal. En cuanto a las pruebas físicas, químicas y reológicas se aplicaron las normas NTE INEN 1009, 820 y Método de Stokes respectivamente, obteniendo datos promedio de densidad de 1.3158 g/ml, 0.61 para pH y 0.0444 Pa.s en viscosidad. Para validar la eficiencia del desoxidante, se aplicó dicho producto a probetas corroídas estandarizadas de acero negro y suave, mediante tratamientos por inmersión y rociado, de manera que para inmersión se tuvo un tiempo de tratamiento de aproximadamente 1 hora y para rociado alrededor de 3 horas. Se evaluó la remoción de óxido de las probetas aplicando las pruebas Bresle según la norma NTE INEN-ISO 8502-12, donde mediante una titulación se analizó la densidad superficial de iones hierro solubles en agua los mismos que indican la corrosión presente en la superficie metálica. Dicha prueba se realizó antes y después de los tratamientos, obteniendo una densidad promedio de iones de 234 mg/m<sup>2</sup> para acero negro y 103.5 mg/m<sup>2</sup> para acero suave posterior a la aplicación del desoxidante. En porcentaje se redujo la corrosión de las probetas de entre un 87% a un 95%. Por lo que se concluye que el desoxidante de formulación F1 es capaz de remover el óxido de superficies metálicas de acero, sus propiedades están dentro de los estándares requeridos comercialmente y se recomienda manejar este tipo de producto con precaución debido a sus componentes.

**Palabras clave:** <CORROSIÓN>, <DESOXIDANTE>, <CONVERTIDOR DE ÓXIDO>, <ACERO NEGRO>, <ACERO SUAVE>, <PRUEBAS BRESLE>



13/04/2021  
0994-DBRAI-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate a phosphate deoxidizer for the company CAMI Process Engineering, capable of removing rust from corroded steel surfaces, for which two types of deoxidizer formulations were made applying the method of mixing components that were an oxoacid acid, mineral acid, non-polar surfactant and distilled water, where the best formulation consists of 50% oxoacid acid, which is responsible for converting the oxide into salts to remove rust from the metal. Regarding the physical, chemical and rheological tests, the NTE INEN 1009, 820 and Stokes method were applied specifically, obtaining average density data of 1.3158 g / ml, 0.61 for pH and 0.0444 Pa.s in viscosity. To validate the efficiency of the deoxidizer, this product was applied to standardized corroded specimens of black and mild steel, by means of immersion and spraying treatments, so that for immersion there was a treatment time of approximately 1 hour and for spraying around 3 hours. The oxide removal of the specimens was evaluated by applying the Bresle tests according to the NTE INEN-ISO 8502-12 standard, by means of a titration the surface density of water-soluble iron ions was analyzed, the same that indicate the corrosion present on the metallic surface. This test was carried out before and after the treatments, obtaining an average ion density of 234 mg / m<sup>2</sup> for black steel and 103.5 mg / m<sup>2</sup> for mild steel after the application of the deoxidizer. In percentage, the corrosion of the specimens was reduced from 87% to 95%. Therefore, it is concluded that the deoxidizer of formulation F1 is capable of removing oxide from metallic steel surfaces, its properties are within the commercially required standards. It is recommended to handle this type of product with caution due to its components.

**Keywords:** <CORROSION>, <DESOXIDANT>, <RUST CONVERTER>, <BLACK STEEL>, <MILD STEEL>, <BRESLE TESTING>

## **INTRODUCCIÓN**

### **IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La corrosión es uno de los problemas que enfrentan todo tipo de industrias y empresas, debido a la degradación de los materiales, ya sea en la estructura de la planta, en la maquinaria que se utiliza o en los productos que ofrecen. Este fenómeno se presenta debido a ciertas condiciones atmosféricas y al no dar un adecuado mantenimiento a los materiales, sobre todo a aquellos de hierro y acero, donde la corrosión es más visible por la presencia de óxido (Salazar Jiménez, 2015). Por lo general, estos materiales suelen recibir una capa de recubrimiento o pintura antes de su utilización. Sin embargo, la corrosión no permite que dichos componentes se impregnen de manera adecuada a la superficie, una vez que aparece en los materiales, por lo que se requiere tratamientos previos para dicha acción.

Uno de los métodos eficientes y rápidos es la utilización de desoxidantes ya que remueven el óxido de las superficies metálicas y no atacan a los diversos metales y sus aleaciones (Pannoni, 2004), actuando en tiempos relativamente cortos (10 a 15 minutos). Permitiendo que los elementos metálicos tratados puedan ser recubiertos de mejor manera y tengan un mayor tiempo de utilidad. También con el tratamiento de metales oxidados se evita la contaminación y se recicla materiales que podrían ser desechados.

Por lo expuesto, en el presente trabajo se pretende desarrollar desoxidante fosfatado para la empresa CAMI Ingeniería de Procesos ubicada en la ciudad de Riobamba, para el tratamiento de materiales de hierro y acero. Ya que dicha empresa está encaminada al mantenimiento y construcción de máquinas y equipos de diversos tipos donde los principales componentes son de tipo metálico. Es así que la empresa se ha planteado sondear nuevos caminos con la utilización de un desoxidante fosfatado para realizar los tratamientos que requieran de forma que puedan evitar gastos mayores en tratamientos externos, mejorando aún más la calidad de sus servicios y obteniendo mayor utilidad.

## **JUSTIFICACIÓN**

La corrosión es el mecanismo de degradación de materiales metálicos y tiene una gran repercusión en los sectores industriales y en su infraestructura, por lo que no es posible eliminarla por completo, sin embargo, se puede reducir aplicando adecuadamente métodos de control. Por lo general, para proteger piezas o componentes metálicos se crea una película protectora sobre estos para aislarlos del entorno, estos pueden ser recubrimientos como pinturas, barnices, plásticos, esmaltes y cerámicos. Sin embargo, para realizar estos recubrimientos en materiales oxidados se requiere de tratamientos previos que eliminen el óxido, de manera que la película protectora tenga un buen anclaje al metal. Para ello primero se realiza una limpieza del elemento a tratar, posterior se aplica un convertidor de óxido o desoxidante que transforme la herrumbre en sales para que puedan ser retiradas por arrastre con agua y la superficie pueda aceptar el recubrimiento requerido.

Al tener los componentes metálicos protegidos de la corrosión, se tiene un ambiente de trabajo seguro, sabiendo que los elementos tratados tienen una utilidad más prolongada, evitando pérdidas y gastos innecesarios por no realizar un control adecuado de la corrosión.

Es así que la empresa CAMI Ingeniería de Procesos busca mejorar la calidad de sus servicios en cuanto al mantenimiento y construcción de máquinas y equipos. Para lograr esta competitividad es necesario aplicar un mejor tratamiento a sus componentes metálicos con la utilización de un desoxidante fosfatado, de manera que se pueda eliminar el óxido presente en estos. Con esto se obtiene mayor utilidad para la empresa y mayor calidad en los servicios que ofrece.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar un desoxidante fosfatado como tratamiento de remoción de óxido para empresa CAMI Ingeniería de Procesos.

### **Objetivos Específicos**

- Desarrollar la formulación más efectiva de los componentes del desoxidante fosfatado.
- Evaluar las propiedades físicas, químicas y reológicas del producto en base a las normativas ISO 8501-1, ISO 8501-4 e ISO 8502.
- Aplicar el producto obtenido en piezas metálicas para la remoción del óxido y comprobar su efectividad.
- Presentar una propuesta para la producción del desoxidante fosfatado.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes de la Investigación

Los metales han construido una parte muy importante para el desarrollo de la humanidad, desde antiguas civilizaciones hasta la época actual. Con el fin de preservarlos, sabiendo que son un recurso no renovable, se han buscado maneras y métodos que les permitan tener un tiempo de vida útil mayor. Sin embargo, desde el empleo de los metales y sus aleaciones en la era moderna, la corrosión ha destacado como uno de los fenómenos más perseverantes en las obras materiales del hombre (Vázquez, 2015).

A partir de la mitad del siglo XX, viendo que el uso de materiales metálicos era cada vez mayor, se realizaron estudios sobre cómo influye la corrosión en el ámbito económico en distintos países. Por lo que se llegó a la conclusión de que los costos asociados a este fenómeno eran muy altos, representando entre el 3-5% del Producto Interno Bruto (PIB) (Lucas Granados, y otros, 2018). En estudios realizados en 2016 por la *National Association of Corrosion Engineers* (NACE) en EE.UU, estima que el costo de corrosión es de aproximadamente 2.5 billones de dólares, lo que representa un 3.4% del PIB mundial. El estudio también hace hincapié que, si se implementan técnicas adecuadas de prevención y control de la corrosión, se ahorraría entre 375-875 mil millones de dólares, lo que representa un 15-35% de los costos totales asociados a este fenómeno (Agudo Saiz, 2017).

En el transcurso del siglo XXI, la búsqueda de técnicas efectivas que permitan controlar los procesos corrosivos, han sido de gran importancia gracias al avance tecnológico e investigaciones realizadas en este campo. Algunos de los métodos más utilizados para prever y controlar dicho fenómeno son: las protecciones electroquímicas anódicas y catódicas, los inhibidores y revestimientos (Lucas Granados, y otros, 2018).

Para tratar los metales que ya presentan corrosión y se van a disponer para algún uso, se los trata con desoxidantes, convertidores de óxido o inhibidores, que son sustancias capaces de modificar la



velocidad de reacción en la superficie del metal, (Evans, y otros, 2018) es decir inducen una pérdida de reactividad del metal, dejándolo en estado pasivo.

En la actualidad se han realizado diversos estudios sobre desoxidantes, para obtener formulaciones efectivas y haciéndolos cada vez más eco-amigables, por ejemplo la utilización de fitoquímicos, que recientemente han dado resultados muy prometedores, sin embargo todavía se están realizando análisis sobre su eficacia (Chaubey, y otros, 2020). Por otra parte uno de los metales más utilizados en todo el mundo es el hierro y sus aleaciones, por lo que también es propenso a corroerse con más facilidad si no se aplican adecuados tratamientos, como lo indica la investigación realizada en el 2015, donde la formulación del inhibidor debe contener elementos que conviertan el óxido en sales, de manera que se puedan desprender del metal y este pueda ser recubierto con barnices o pinturas para mayor protección (Liu, y otros, 2015).

## **1.2 Antecedentes empresariales**

En el año de 1980, en la ciudad de Riobamba inició sus funciones la Reconstructora Santo Domingo en las calles Orozco 26-66 y Pichincha con un capital financiado por el aún estudiante de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH Tito Calva quien juntamente con su esposa Raquel Miñaca y su hijo laboraban a tiempo completo y medio tiempo en un horario de lunes a sábado de 8:00 am a 18:30 pm horario que se mantiene hasta la actualidad. Desde el mencionado año fueron pioneros en el centro de la ciudad en cuanto al mantenimiento de motosierras, generadores, bombas de agua y máquinas de coser (Calva, 2018).

En 1997 se constituyen como CAMI Ingeniería de Procesos en el Servicio de Rentas Internas durante este período la microempresa diversificó sus servicios y productos ingresando al mantenimiento y venta de generadores de luz y mantenimiento electromecánico. Con el deseo de posicionarse en el mercado, en el año 2002 amplía sus servicios y productos al sector agroindustrial lo que le permitió a la empresa participar en ventas públicas de mayor costo puesto que en aquella época comenzó a regir nuevas leyes de la tala de árboles lo que afectó directamente a la venta y mantenimiento de motosierras que hasta entonces era el producto estrella (Calva, 2018).

Siempre tratando de mantenerse a la vanguardia la última década CAMI Ingeniería de Procesos se muestra abierta a la innovación y mayor investigación esto se ha visto reflejado en el nuevo servicio

de diseño y construcción de maquinarias y equipos. En la actualidad maneja una gran diversidad de servicios y productos de calidad avalados por personal capacitado en las áreas de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial, Tecnología eléctrica, permitiendo que la calidad del servicio, eficiencia y eficacia sea su mejor característica (Calva, 2018).

### **1.3 Marco Conceptual o Glosario**

#### ***1.3.1 Corrosión***

La corrosión puede definirse como una reacción irreversible de un material con su medio ambiente que por lo general se asocia a la degradación de dicho material y de sus propiedades. Donde el mayor foco de corrosión son los metales y puede darse de distintas formas (Lucas Granados, y otros, 2018).

##### *1.3.1.1 Tipos de corrosión según el mecanismo de acción*

- a) *Corrosión química o seca:* Consiste en oxidaciones metálicas a altas temperaturas por la presencia de atmósferas gaseosas donde se forma una película sólida de productos de reacción sobre la superficie metálica y esta se da en ausencia de un electrolito (Evans, y otros, 2018).
  
- b) *Corrosión electroquímica o húmeda:* Se da por la actuación de pilas electroquímicas donde el metal sufre disoluciones en regiones anódicas. Este tipo de corrosión está compuesta por 3 elementos principales para que se pueda desarrollar, un ánodo donde el metal es corroído, un electrolito como el medio corrosivo y un cátodo que puede ser la misma superficie metálica u otra en contacto (Textos Científicos, 2015). De esta manera se forma una celda electroquímica donde los electrones circulan a través del metal desde el ánodo hacia el cátodo con la interacción del electrolito (Lucas Granados, y otros, 2018).

### 1.3.1.2 Tipos de corrosión según el desgaste superficial

- a) *Generalizada*: También conocida como corrosión uniforme, se presenta sobre toda la superficie del material de forma homogénea, de manera que lo deteriora completamente. Este tipo de corrosión provoca mayor pérdida del material y por lo general se produce en hierro no aleado con metales inoxidables como el níquel y el cromo. La velocidad de corrosión está netamente relacionada por la existencia de impurezas en el material (Salazar Jiménez, 2015).
- b) *Localizada*: Este tipo de corrosión presenta mayor riesgo debido a la dificultad para detectarlo porque se manifiesta en zonas específicas en el material, determinadas por su naturaleza, geometría y las condiciones del medio al que se somete (Salazar Jiménez, 2015). En este tipo se encuentran las corrosiones como:
- Galvánica: Ocurre cuando existe una unión, física o eléctrica, entre metales de diferente naturaleza, lo cuales, en la presencia de un electrolito, forman una celda electroquímica, donde el material de menor potencial electroquímico es el que se corroe (Salazar Jiménez, 2015).
  - Por fisuras: Se produce en zonas estrechas donde la concentración de oxígeno es mucho menor que en el resto del sistema y su efecto induce a que dichas zonas de menor concentración de oxígeno actúen como un ánodo (Salazar Jiménez, 2015).
  - Por picaduras: También conocida como *pitting*, se presenta en materiales pasivados, debido a las características geométricas del sistema, donde existe una acumulación de agentes oxidantes y un incremento del pH del medio, permitiendo que la corrosión se desarrolle en zonas puntuales (Salazar Jiménez, 2015).
  - Por cavitación: Ocurre en sistemas de transporte de líquidos, hechos de materiales pasivados, donde por cambios de presión en el sistema se producen flujos turbulentos que forman burbujas de aire, las cuales implosionan contra el material deteriorando la capa de pasivación (Salazar Jiménez, 2015).
  - Microbiológica: En realidad no se considera un tipo de corrosión, sin embargo, es un fenómeno que facilita el desarrollo de otros procesos de corrosión. Se producen en sistemas

de transporte de líquidos, facilitando la corrosión por picaduras debido a la presencia de bacterias (Salazar Jiménez, 2015).

#### 1.3.1.3 Corrosión de otros tipos.

- a) *Desaleación*: Es un proceso de corrosión que actúa sobre aleaciones metálicas, donde uno de los elementos de mayor afinidad con el oxígeno, se separa de la aleación y dejando una estructura porosa de propiedades débiles conformada por el resto de constituyentes (Salazar Jiménez, 2015).
- b) *Filiforme*: Se presenta en ambientes de alta humedad sobre materiales con recubrimientos orgánicos (pinturas), los cuales, al ser rayados, son inducidos a la corrosión que se propaga como filamentos delgados (Salazar Jiménez, 2015).
- c) *Oxidación*: Es un tipo de corrosión que se desarrolla en procesos de alta temperatura, en la presencia de algún gas oxidante, como el oxígeno, azufre y elementos halógenos. Las reacciones son únicamente químicas al no existir un electrolito de por medio (Salazar Jiménez, 2015).

#### 1.3.1.4 Grados de corrosión metálica

Los grados de corrosión pueden determinarse según normas establecidas para análisis de superficies, por ejemplo, las normas SSPC - *Steel Structures Painting Council (Pittsburgh USA)* y SIS 05 5900 - *Swedish Standards Institution (Stockholm Suecia)* utilizan una sistemática basada en la comparación de superficies con un patrón estandarizado mediante fotografías, donde exponen los siguientes grados (CYM Materiales S.A., 2018):

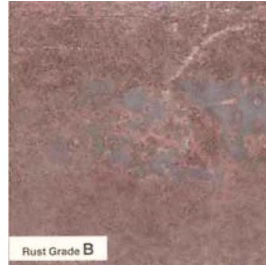
- a) *Grado A*: Superficie de acero con capa de laminación ilesa en toda la superficie y prácticamente sin corrosión (CYM Materiales S.A., 2018).



**Figura 1-1.** Grado de corrosión tipo A.

**Realizado por:** CYM Materiales S.A. 2018

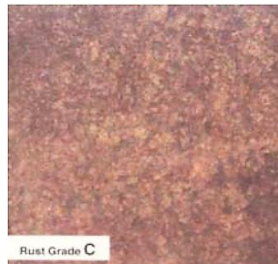
- b) *Grado B*: Superficie de acero con principios de corrosión donde la capa de laminación empieza a despegarse (CYM Materiales S.A., 2018).



**Figura 2-1.** Grado de corrosión tipo B.

**Realizado por:** CYM Materiales S.A. 2018

- c) *Grado C*: Superficie de acero donde la capa de laminación fue eliminada por la corrosión o raspado, sin embargo, no se han formado cavidades visibles a gran escala (CYM Materiales S.A., 2018).



**Figura 3-1.** Grado de corrosión tipo C.

**Realizado por:** CYM Materiales S.A. 2018

- d) *Grado D*: Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado cavidades visibles a gran escala (CYM Materiales S.A., 2018).



**Figura 4-1.** Grado de corrosión tipo D.

**Realizado por:** CYM Materiales S.A. 2018

### 1.3.2 Hierro y Acero

El hierro y acero son dos metales muy parecidos que no debe ser confundidos. El hierro es un metal puro de consistencia dura que se encuentra en la naturaleza, tiene un radio atómico de 2.48 Å, con una temperatura de fusión de 1535°C y un punto de ebullición de 2740°C. Por otra parte, el acero es una aleación de hierro con cierta cantidad de carbono que puede estar entre 0.03% y 1.075% en peso de su composición (Asociación Latinoamericana del Acero, 2015); si esta aleación posee un porcentaje de carbono mayor al 2% se vuelve quebradizo y no es posible forjarlo. El acero conserva características metálicas del hierro puro, en cambio, con la adición de carbono y otros elementos metálicos y no metálicos mejora en gran manera sus propiedades físicas y químicas (LEVINSON, 2020).

#### 1.3.2.1 Tipos de Acero

- a) *Al carbono*: Este tipo de acero está compuesto por 1.65% de manganeso, 0.60% de silicio y 0.60% de cobre. Es utilizado generalmente en máquinas, carrocerías de autos, estructuras, cascos para buques, entre otros (DINCORSA , 2016).
- b) *Inoxidable*: A diferencia de otros aceros, este posee una gran resistencia a la corrosión y acciones químicas. En su composición dispone de cromo, níquel y otros elementos en aleación. Debido a su aspecto brillante y resistente es utilizado en tuberías, tanques, implementos de cocina, equipo quirúrgico, entre muchos más (DINCORSA , 2016).
- c) *Eléctrico*: También se los conoce como aceros magnéticos o aceros al silicio, son de gran importancia para la generación, repartición y uso de energía eléctrica (DINCORSA , 2016).
- d) *Negro*: Posee bajos niveles de carbono y no cuenta con tratamiento superficial, por ello la superficie tiende a oscurecerse en el proceso de fabricación (DINCORSA , 2016).
- e) *Suave*: Sus niveles de carbono están entre el 0.51% y 0.25%, por lo que se lo considera casi hierro puro, también presenta una buena ductilidad (DINCORSA , 2016).
- f) *Calzado o reposado*: El procedimiento de su obtención permite que no se produzcan gases durante su solidificación debido a la adición de manganeso, silicio o aluminio (DINCORSA , 2016).

g) *Galvanizado*: Es un tipo de acero que cuenta con una barrera física, protección electroquímica y autocurado, lo que le permite tener una alta resistencia a la abrasión y corrosión. Estas propiedades también le dan la capacidad de larga duración (DINCORSA , 2016).

### ***1.3.3 Prevención de la corrosión***

Los métodos de prevención de la corrosión van a depender de la forma en que se presenta este fenómeno en los materiales metálicos, tomando en consideración que la velocidad de corrosión es distinta para cada metal. Algunos de estos métodos son: galvanizado, pinturas y coberturas, anodización, protección con biopelículas, sistemas de corrientes impresas y cambio en las condiciones ambientales en las que se encuentra expuesto el metal (Muhye, 2015).

### ***1.3.4 Desoxidante***

Es un compuesto químico para tratamiento de superficies metálicas, donde mediante una reacción remueve el óxido presente en el metal, su propósito es mejorar el anclaje de la primera capa de pintura que se aplicará a la superficie (Belmot Metals, 2017).

### ***1.3.5 Fosfatizado o fosfatización***

Es el proceso mediante el cual se realiza la pasivación de una superficie metálica, por la acción de sustancias químicas (Calle Miñaca, y otros, 2019).

La pasividad muestra un estado donde la velocidad de corrosión del metal es muy baja y permite de los materiales metálicos tardan en llegar a si estado activo (Lucas Granados, y otros, 2018).

#### ***1.3.5.1 Métodos de fosfatizado***

a) *Inmersión*: La aplicación de este método requiere sumergir la pieza o material metálico en el medio desoxidante de 1 a 5 min de tratamiento aproximadamente, la ventaja es que proporciona un área mayor de contacto, siendo esta técnica una de las más difundidas y aplicadas para obtener mejores resultados (Calle Miñaca, y otros, 2019).

- b) *Rociado*: La ejecución de este método hace posible la aplicación del desoxidante en un menor tiempo que la inmersión, el rociado por spray requiere una aplicación no mayor a los 2 minutos dependiendo del desgaste del material (Calle Miñaca, y otros, 2019).

### ***1.3.6 Ácido oxácido***

Un ácido oxácido es un compuesto químico que se utiliza para eliminar el óxido mediante la aplicación directa en superficies metálicas oxidadas de hierro, acero u otros metales. Por lo general el ácido cambia el óxido de hierro a sales de hierro (Azure - Soluciones Industriales, 2019).

### ***1.3.7 Ácido mineral***

El ácido mineral es un ácido fuerte, se presenta como un líquido incoloro o amarillento. Este ácido como componente de inhibidores de corrosión reacciona con metales dando lugar a la correspondiente sal del metal, como en el caso del hierro. Cuando el ácido mineral ataca metales corroídos genera en la superficie de estos una capa que los induce a una pasivación para evitar y proteger al metal de posteriores deterioros por corrosión (RiscosLAB, 2016).

### ***1.3.8 Surfactante no polar***

Un surfactante o tensoactivo es una sustancia que posee mayor o menor actividad superficial, es así que, los surfactantes no iónicos están formados por una cadena alquílica larga y un grupo sin carga, pero muy polar. El grupo polar debe ser hidrófilo para que la molécula sea soluble en agua. Los grupos polares más utilizados son: polioles, polioxietilenos, diaminas y aminas etoxiladas. En solución acuosa no producen iones por ello son compatibles con otros tensoactivos y esto hace posible que participen en formulaciones complejas. Además, estos surfactantes al no tener carga son menos sensibles a los electrolitos y pueden ser utilizados como detergentes, humectantes y emulsionantes; ya que tienen una gran capacidad espumante. Es así que a este tipo de compuestos se los utiliza en la fabricación de fármacos, cosméticos y alimentos (Ospina Chávez, 2012).

#### ***1.3.8.1 Nonilfenol etoxilato***

También conocido como NPEOs, es un ejemplo de surfactante no polar, es una sustancia que se utiliza principalmente en la fabricación de productos de limpieza y también se puede encontrar como base

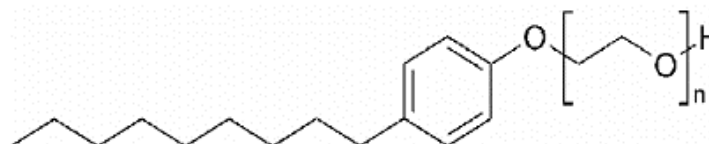


para la producción de pasta de papel, textiles naturales o sintéticos, aditivos para pinturas de látex y en menor medida se encuentra en plaguicidas (PRTR-España, 2019). Tiene la propiedad de ser soluble en agua y solventes polares, es estable químicamente estando en contacto con ácidos diluidos, bases y sales. Esta sustancia también es compatible con jabones, tensoactivos aniónicos y no aniónicos, y con muchos otros disolventes orgánicos (CHEMELECTRIC, 2019). Las propiedades de este compuesto dependen del número de unidades etoxiladas que contiene, como se muestra:

**Tabla 1-1.** Propiedades fisicoquímicas de distintos NPEO<sub>s</sub>

Compuesto	Peso Molecular (g/mol)	Apariencia	Gravedad Específica	Temperatura Evaporación (°C)	Temperatura Fusión (°C)	pH	Solubilidad
NPEO <sub>2</sub>	308	Líquido aceitoso incoloro	1.03	94 aprox.	1	6.3	-Soluble e agua, metanol y xileno.  -Insoluble en keroseno.
NPEO <sub>4</sub>	396	Líquido aceitoso incoloro	1.03				
NPEO <sub>6</sub>	484	Líquido aceitoso incoloro	1.04				
NPEO <sub>8</sub>	572	Líquido aceitoso incoloro	1.06				
NPEO <sub>10</sub>	660	Líquido aceitoso incoloro	1.065				
NPEO <sub>12</sub>	758	Pasta	1.07				
NPEO <sub>14</sub>	836	Pasta	1.07				
NPEO <sub>30</sub>	1540	Sólido	1.08				

Fuente: (Centeno Romero, 2014)



**Figura 5-1.** Estructura del nonilfenol etoxilato

Realizado por: (Castro Rojas, 2010)

### 1.3.9 Pruebas BRESLE

El método Bresle consiste en la determinación de contaminantes en una superficie, esto permite realizar análisis antes de aplicar recubrimientos, permitiendo que estos sean más duraderos con una vida útil prolongada. Dicho método cumple con la Norma ISO 8502-6 e ISO/DIS 8502-9 (ver Anexo A), donde se especifican los procedimientos a seguir para un adecuado manejo del método. Lo principal es tener a disposición el Parche Bresle que permite la extracción de las sales solubles de la superficie (CPC Instrumentos , 2020).



**Figura 6-1.** Parches Bresle para análisis de superficies

**Realizado por:** (ELCOMETER , 2020)

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Hipótesis y especificación de las variables.

##### 2.1.1 *Hipótesis General*

Con la obtención de un desoxidante fosfatado, se removerá el óxido del material metálico que utiliza la empresa CAMI Ingeniería de Procesos.

##### 2.1.2 *Hipótesis Específicas*

- Con el desarrollo de formulaciones para los componentes del desoxidante fosfatado, se obtendrá un producto de remoción de óxido de superficies corroídas.
- Con la evaluación del desoxidante, se pretende determinar las propiedades físicas, químicas y reológicas en base a las normativas ISO 8501-1, ISO 8501-4 e ISO 8502.
- Se determinará el grado de óxido de las piezas metálicas de acero negro y acero suave, posterior al tratamiento con desoxidante.
- Con ese estudio se presentará una propuesta para la producción un desoxidante fosfatado para empresa CAMI Ingeniería de Procesos.

### **2.1.3 Identificación de variables**

#### **2.1.3.1 Variables dependientes**

- ✓ Cantidad de componentes del producto.
- ✓ Método de aplicación del desoxidante.

#### **2.1.3.2 Variables independientes**

- ✓ Grado de óxido de las piezas metálicas.
- ✓ Tiempo de acción del tratamiento.

### 2.1.4 Operacionalización de variables

**Tabla 1-2.** Operacionalización de Variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Cantidad de componentes del producto.	Dependiente	Cantidad de los componentes presentes en el desoxidante fosfatado.	Militros	Pipetas graduadas y volumétricas. Matraz volumétrico.
Método de aplicación del desoxidante.	Dependiente	Es el modo en que se aplica el producto al material oxidado.	Inmersión Rociado	-
Grado de óxido de las piezas metálicas.	Independiente	Nivel de herrumbre en las piezas metálicas de acero negro y acero suave.	-Grado A, B, C y D -Método Bresle	-Método visual -Parches Bresle
Tiempo de acción del tratamiento.	Independiente	Tiempo que tarda el producto en reaccionar con el material oxidado.	Minutos	Cronómetro

Realizado por: Calva, Débora, 2021

### 2.1.5 Matriz de consistencia

**Tabla 2-2.** Matriz de Consistencia

<b>ASPECTOS GENERALES</b>				
<b>PROBLEMA GENERAL</b>		<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	
La corrosión es uno de los problemas que enfrentan todo tipo de industrias y empresas, debido a la degradación de los materiales, lo que incide en pérdidas materiales y económicas.		Evaluar un desoxidante fosfatado como tratamiento de remoción de óxido para empresa CAMI Ingeniería de Procesos.	Con la obtención de un desoxidante fosfatado, se removerá el óxido del material metálico que utiliza la empresa CAMI Ingeniería de Procesos.	
<b>ASPECTOS ESPECÍFICOS</b>				
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>TÉCNICA</b>
Se desconoce la formulación adecuada del tratamiento.	Desarrollar la formulación más efectiva de los componentes del desoxidante fosfatado	Con el desarrollo de formulaciones para los componentes del desoxidante fosfatado, se obtendrá un producto de remoción de óxido de superficies corroídas.	Cantidad de componentes del producto.	Medidas realizadas en el matraz volumétrico.
No se conoce la efectividad del desoxidante fosfatado.	Evaluar las propiedades físicas, químicas y reológicas del producto en base a las normativas ISO 8501-1, ISO 8501-4 e ISO 8502.	Con la evaluación del desoxidante, se pretende determinar las propiedades físicas, químicas y reológicas en base a las normativas ISO 8501-1, ISO 8501-4 e ISO 8502.	Cantidad de componentes del producto. Tiempo de acción del tratamiento.	Pruebas de densidad, viscosidad y Ph. Cronometrización
¿Cuál es el grado de remoción de óxido en superficies metálicas?	Aplicar el producto obtenido en piezas metálicas para la remoción del óxido y comprobar su efectividad.	Se determinará el grado de óxido de las piezas metálicas de acero negro y acero suave, posterior al tratamiento con desoxidante.	Método de aplicación del desoxidante. Grado de óxido de las piezas metálicas. Tiempo de acción del tratamiento.	Norma NTE INEN-ISO 8502-12. Método de Bresle Cronometrización

<p>La empresa CAMI requiere tratamientos para metales, previo a ser sometidos a recubrimiento de pintura o barniz.</p>	<p>Presentar una propuesta para la producción del desoxidante fosfatado.</p>	<p>Con ese estudio se presentará una propuesta para la producción un desoxidante fosfatado para empresa CAMI Ingeniería de Procesos.</p>	<p>Cantidad de componentes del producto.</p>	<p>Análisis de resultados sobre el producto.</p>
--	--	--	--	--

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

## **2.2 Tipo y diseño de la investigación**

### **2.2.1 *Deductivo***

Con la aplicación del método deductivo se pudo solucionar el problema generado por la corrosión en materiales metálicos, obteniendo un desoxidante fosfatado capaz de remover el óxido de dichos materiales, mismo que fue validado mediante un análisis estadístico con los datos obtenidos en la investigación.

### **2.2.2 *Inductivo***

La investigación se respaldó con estudios realizados en distintas partes del mundo, dicha información sirvió como guía para el desarrollo de una metodología adecuada para la obtención y análisis de un desoxidante fosfatado. Para llevar a cabo el estudio se realizaron 2 formulaciones de desoxidante que fueron sometidos a pruebas físicas, químicas y reológicas. Posterior el producto se aplicó a 12 probetas de acero negro y 12 probetas de acero suave en estado de corrosión para evaluar la remoción de óxido de dichos materiales. También se realizó una comparación entre el desoxidante obtenido y un producto comercial aplicándolo a 6 probetas de acero negro y 6 de acero suave.

### **2.2.3 *Experimental***

El diseño de la investigación es de tipo experimental, ya que se elaboraron 2 formulaciones del desoxidante fosfatado, donde se tomaron muestras en la etapa de elaboración, se determinaron variables como los componentes presentes en el producto, método de aplicación y tiempo de acción. A partir de la aplicación del producto en probetas corroídas de acero negro y acero suave, con tres repeticiones para cada formulación tomando en cuenta el método de aplicación ya sea por rociado o inmersión, se obtuvieron datos relevantes, mismos que fueron analizados para validar el producto.

## **2.3 Unidad de análisis**

En la presente investigación la unidad de análisis se centra en la remoción de óxido de 36 probetas metálicas corroídas, aplicando un desoxidante fosfatado como tratamiento, de acuerdo al diseño experimental planteado.



## 2.4 Población de Estudio

La población de estudio se considerará al material metálico corroído que se encuentra en la empresa CAMI Ingeniería de Procesos, que necesita ser tratada para su remoción de óxido, para posterior uso en la construcción de equipos.

## 2.5 Tamaño de muestra

Para obtener el tamaño de muestra requerido se realizó una selección por experiencia o aleatorio, por requerimientos de la empresa y estudios bibliográficos realizados, de manera que se trabajó con 18 probetas metálicas de acero negro y 18 probetas de acero suave en estado de corrosión. Por lo que se tendrá un total de 36 análisis considerando la formulación y el método de aplicación del producto.

## 2.6 Selección de la muestra

Para la elaboración del desoxidante fosfatado se obtuvieron dos formulaciones (F1 y F2) en función del porcentaje de ácido oxácido, las cuales fueron evaluadas por conveniencia con tres repeticiones cada una, de la siguiente manera:

**Tabla 3-2.** Formulaciones del desoxidante fosfatado.

<b>FORMULACIÓN DESOXIDANTE</b>	<b>REPETICIONES</b>		
F1	F1A	F1B	F1C
F2	F2A	F2B	F2C

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Para el análisis de la muestra se aplicó desoxidante fosfatado a probetas de acero negro y acero suave corroídas mediante dos métodos: inmersión y rociado. La finalidad del desoxidante es remover la mayor cantidad de óxido de las probetas metálicas.

Para investigar el efecto que tiene el tipo de formulación de desoxidante y el método de aplicación se realizó un Diseño Factorial con tres repeticiones.

Para fines comparativos se utilizó un desoxidante comercial en probetas de acero negro y acero suave.

El diseño experimental descrito se presenta en las siguientes tablas:

**Tabla 4-2.** Diseño experimental para pruebas de desoxidante en acero negro.

<b>ACERO NEGRO (A)</b>						
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>						
<b>Formulación de desoxidante</b>	<b>Rociado (R)</b>			<b>Inmersión (N)</b>		
F1	A:F1-R1	A:F1-R2	A:F1-R3	A:F1-N1	A:F1-N2	A:F1-N3
F2	A:F2-R1	A:F2-R2	A:F2-R3	A:F2-N1	A:F2-N2	A:F2-N3

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 5-2.** Diseño experimental para pruebas de desoxidante en acero suave.

<b>ACERO SUAVE (B)</b>						
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>						
<b>Formulación de desoxidante</b>	<b>Rociado (R)</b>			<b>Inmersión (N)</b>		
F1	B:F1-R1	B:F1-R2	B:F1-R3	B:F1-N1	B:F1-N2	B:F1-N3
F2	B:F2-R1	B:F2-R2	B:F2-R3	B:F2-N1	B:F2-N2	B:F2-N3

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 6-2.** Diseño experimental para pruebas de desoxidante comercial en acero negro y acero suave.

<b>DESOXIDANTE COMERCIAL (D)</b>						
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>						
<b>Material</b>	<b>Rociado (R)</b>			<b>Inmersión (N)</b>		
ACERO NEGRO (A)	A:D-R1	A:D-R2	A:D-R3	A:D-N1	A:D-N2	A:D-N3
ACERO SUAVE (B)	B:D-R1	B:D-R2	B:D-R3	B:D-N1	B:D-N2	B:D-N3

Realizado por: Calva, Débora, 2021

## 2.7 Técnicas de recolección de datos

### 2.7.1 Localización

Las muestras fueron tomadas en la empresa CAMI Ingeniería de Procesos Centro, ubicada en las calles Orozco y Pichincha (esquina), en la ciudad de Riobamba, en la provincia de Chimborazo. Actualmente dicha empresa maneja una gran diversidad de servicios y productos de calidad, está orientada al mantenimiento y construcción de máquinas y equipos de diversa índole avalados por personal capacitado en las áreas de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial y Tecnología eléctrica.

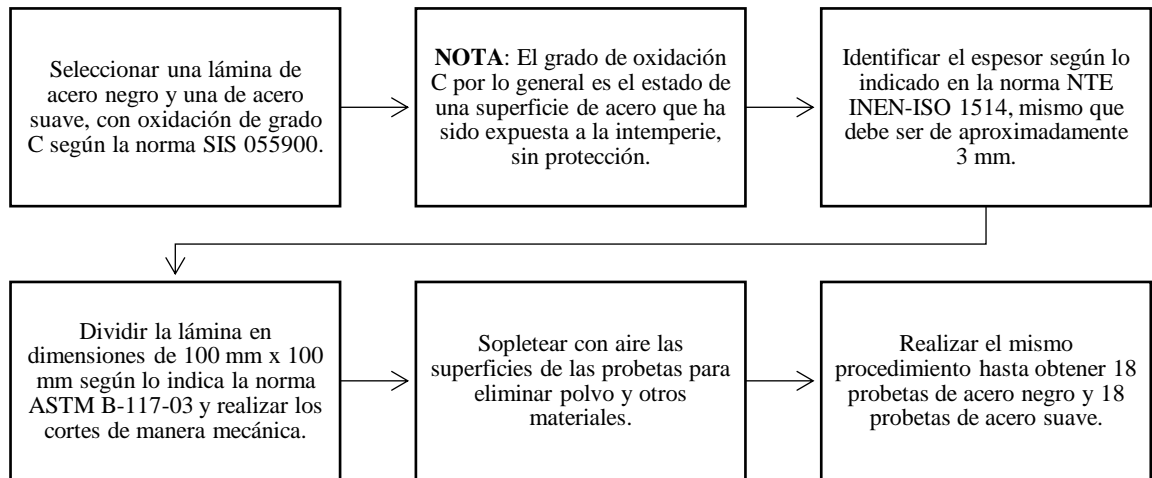


**Figura 1-2.** CAMI Ingeniería de Procesos.

Realizado por. Calva, Débora, 2021

### 2.7.2 Preparación de probetas de acero negro y acero suave

Para la preparación de las probetas metálicas se tomaron en cuenta las normas NTE INEN-ISO 1514 y ASTM B-117-03 donde exponen cómo estandarizar las probetas para ensayos, indicando según el requerimiento el espesor y dimensiones de dichas probetas.



**Figura 2-2.** Preparación de probetas metálicas

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021



**Figura 3-2.** Medición de probetas estandarizadas.

**Realizado por.** Calva, Débora, 2021



**Figura 4-2.** Corte de probetas metálicas.

**Realizado por.** Calva, Débora, 2021

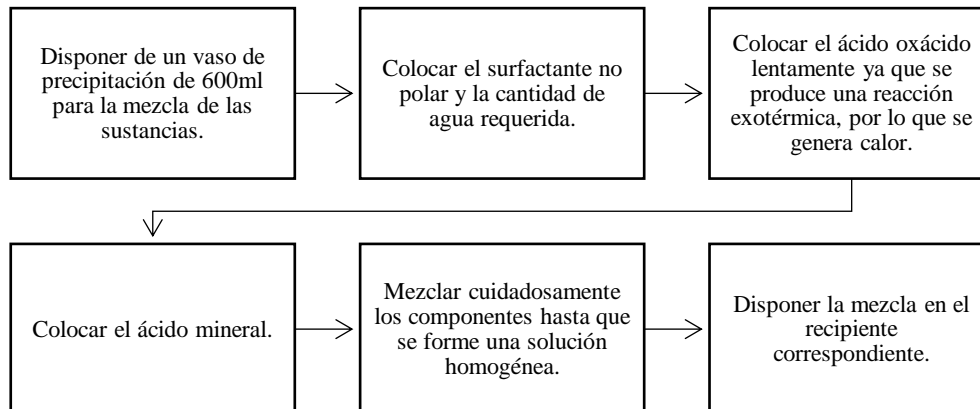


**Figura 5-2.** Etiquetado de probetas estandarizadas corroídas.

**Realizado por.** Calva, Débora, 2021

### 2.7.3 Elaboración de la formulación desoxidante

Al elaborar el desoxidante fosfatado se aplicaron las directrices especificadas por la empresa y la información obtenida mediante la revisión bibliográfica. (Aguilar, y otros, 2017).



**Figura 6-2.** Elaboración de desoxidante fosfatado

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Figura 7-2.** Materiales utilizados en la elaboración de desoxidante.

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 7-2.** Formulación F1 de desoxidante.

SUSTANCIA	PORCENTAJE (%v/v)
Agua destilada	43,5
Ácido oxácido	50
Ácido mineral y surfactante	6,5

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 8-2.** Formulación F2 de desoxidante.

SUSTANCIA	PORCENTAJE (%v/v)
Agua destilada	63,5
Ácido oxácido	30
Ácido mineral y surfactante	6,5

Realizado por: Calva, Débora, 2021

- Una vez obtenido el producto desoxidante se procedió a realizar pruebas de densidad, viscosidad y pH.

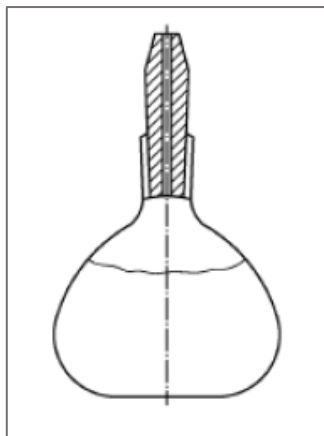
#### **2.7.4 Técnicas para determinación de propiedades físicas, químicas y reológicas.**

Las propiedades evaluadas del desoxidante obtenido se realizaron aplicando los métodos pertinentes descritos en las Normas INEN para los siguientes parámetros:

##### **2.7.4.1 Densidad**

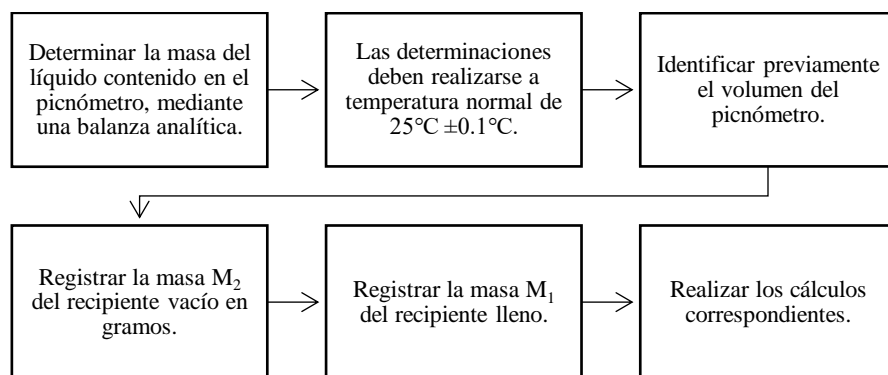
La densidad es una propiedad física que se define como la masa que existe en una unidad de volumen de un cierto material a una temperatura especificada. Para su determinación se aplicó la Norma NTE INEN 1009, el método consistió en determinar la masa de una sustancia líquida contenida en un picnómetro a una temperatura estándar de  $25^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

El picnómetro utilizado fue del tipo Gay-Lussac con una capacidad de  $10\text{ cm}^3$ , equipado con una tapa de vidrio esmerilado y pulido que cuenta con un tubo capilar en posición vertical, el cual se localiza abierto a la atmósfera.



**Figura 8-2.** Picnómetro de Gay-Lussac.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015)



**Figura 9-2.** Procedimiento para la determinación de densidad.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015)

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

- **Cálculos**

La densidad de la muestra se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\delta_m = \frac{M_1 - M_2}{V}$$

Donde

$\delta_m$  : es la densidad de la muestra (g/cm<sup>3</sup>)

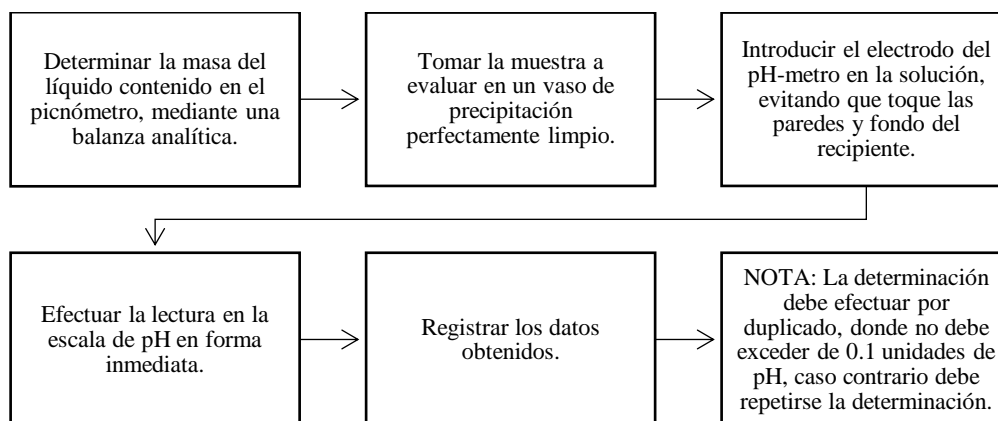
$M_1$  : es la masa del picnómetro con la muestra (g)

$M_2$  : es la masa del picnómetro vacío (g)

$V$  : es el volumen del picnómetro (cm<sup>3</sup>)

### 2.7.4.2 Potencial hidrógeno (pH)

El pH es una propiedad química que mide la actividad de iones hidrógeno en solución, es decir mide la cantidad de hidrogeniones de un determinado medio indicando su grado de alcalinidad o acidez (Khan Academy, 2017). Para esta medición se utilizó la Norma NTE INEN 820 como referencia mediante el uso de un pH-metro (instrumento que mide la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de pH y un electrodo de referencia) (Instituto de Normalización Ecuatoriano, 2013).



**Figura 10-2.** Procedimiento para la determinación de pH.

**Fuente:** (Instituto de Normalización Ecuatoriano, 2013)

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021



**Figura 11-2.** Determinación de pH de la formulación F2A.

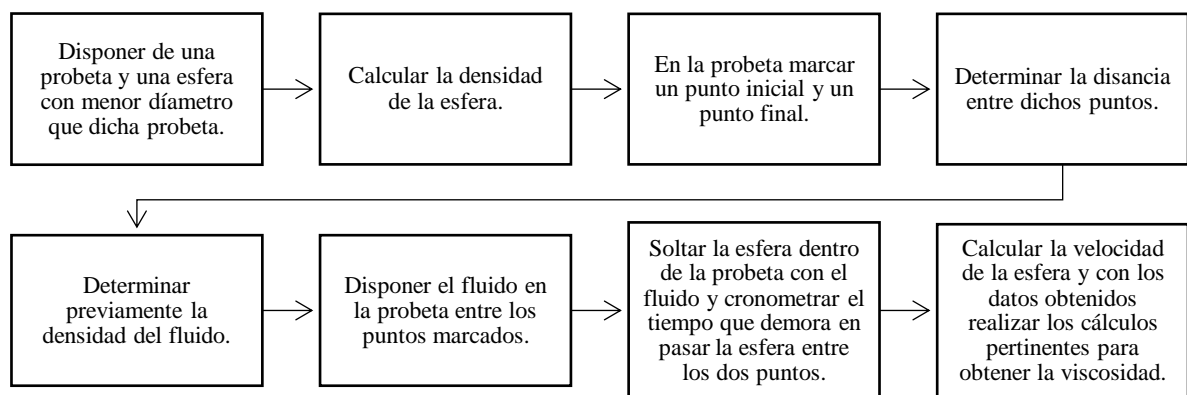
**Realizado por:** Calva, Débora, 2021



### 2.7.4.3 Viscosidad

La viscosidad es parte de las propiedades reológicas ya que indica el movimiento relativo entre las moléculas de un fluido, debido al rozamiento o fricción de dichas moléculas. Esta propiedad determina la resistencia opuesta a las fuerzas cortantes, es decir, mide la fluidez de una sustancia (Chacón Molina, 2017).

La viscosidad de desoxidante fue determinada mediante el Método de Stokes, debido a características que presentó el producto.



**Figura 12-2.** Procedimiento para la determinación de la viscosidad, Método de Stokes.

**Fuente:** (Medina, y otros, 2017)

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

- **Cálculos**

Para calcular la viscosidad se aplicó la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{2 \cdot (\delta_e - \delta_f) \cdot g \cdot a^2}{9V}$$

Donde

$\eta$  : es la viscosidad dinámica (Pa.s)

$\delta_e$  : es la densidad de la esfera (Kg/m<sup>3</sup>)

$\delta_f$  : es la densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

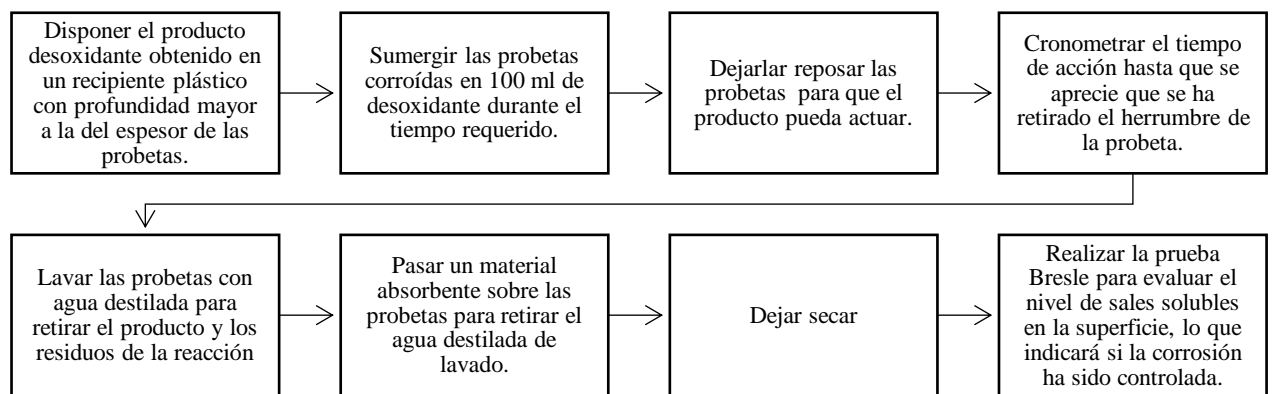
$a$  : es el radio de la esfera (m)

$V$  : es la velocidad de la esfera (m/s)

### 2.7.5 Aplicación del producto en probetas

Se tomó en consideración dos tipos de aplicación del producto en las probetas, por inmersión y rociado, ya que estos métodos son los más utilizados al realizar los tratamientos de desoxidación considerando la experiencia que tiene la empresa y la de sus clientes al momento de manipular dichos productos.

#### • POR INMERSIÓN

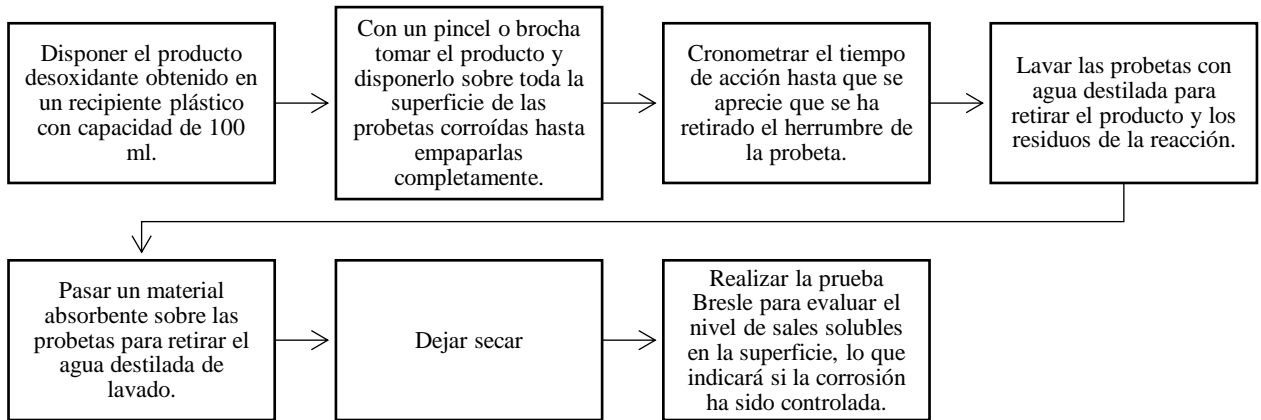


**Figura 13-2.** Aplicación de desoxidante a probetas metálicas corroídas, por inmersión.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

- **POR ROCIADO**



**Figura 14-2.** Aplicación de desoxidante a probetas metálicas corroídas, por rociado.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

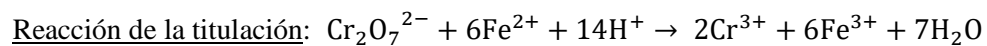
### **2.7.6 Determinación de la corrosión en probetas posterior a los tratamientos de desoxidación**

El método Bresle consiste en la determinación de contaminantes en una superficie, al aplicar dicha metodología se logró analizar la cantidad de iones hierro solubles en agua en las probetas metálicas tratadas con desoxidante, lo que permitió identificar si la corrosión pudo ser controlada o no. Con el presente análisis se pudo validar la eficiencia del producto elaborado (ver Capítulo III). Dicha prueba cumple con las Normas ISO 8502-6 e ISO/DIS 8502-9, donde se especifican los procedimientos a seguir para un adecuado manejo del método.

Los contaminantes (Fe<sup>++</sup>) de las superficies metálicas, fueron extraídos mediante el método Bresle antes mencionado empleando agua como disolvente. Después de extraer los contaminantes se acidificó el disolvente con ácido fosfórico, y la concentración de iones de hierro del disolvente se determinó mediante volumetría, valorando con una disolución de dicromato de potasio, empleando azul de metileno como indicador (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

La concentración del valorante, el tamaño de las gotas y el área de la superficie de ensayo son elegidos de manera que el número de gotas necesarias para la valoración multiplicado por un factor de

conversión proporcione la densidad superficial de iones de hierro solubles en agua (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).



#### 2.7.6.1 Preparación de soluciones

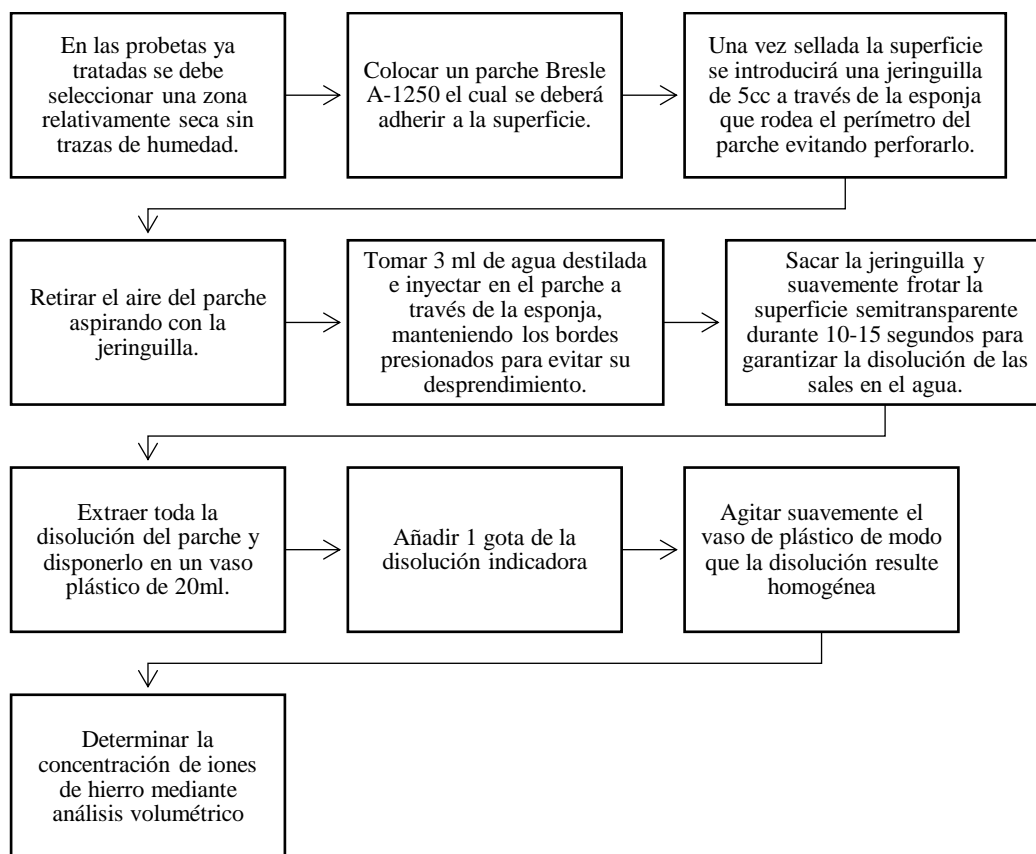
- Disolución de ácido fosfórico* ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), en agua desionizada en una proporción de 1:2 (una parte en volumen de ácido fosfórico del 85%, aproximadamente, por dos de agua).
- Disolución indicadora*, una disolución de color azul al 0,5% de azul de metileno ( $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{S}$ ) en agua desionizada.
- Disolución de dicromato de potasio*, ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) = 0,002 mol/l, para su uso como solución valorante.



**Figura 15-2.** Disoluciones para Prueba Bresle.

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

### 2.7.6.2 Procedimiento operatorio



**Figura 16-2.** Procedimiento para análisis Bresle.

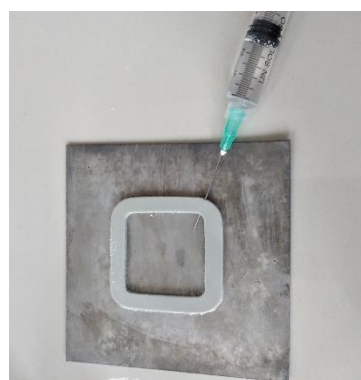
**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021



**Figura 17-2.** Elementos para análisis Bresle.

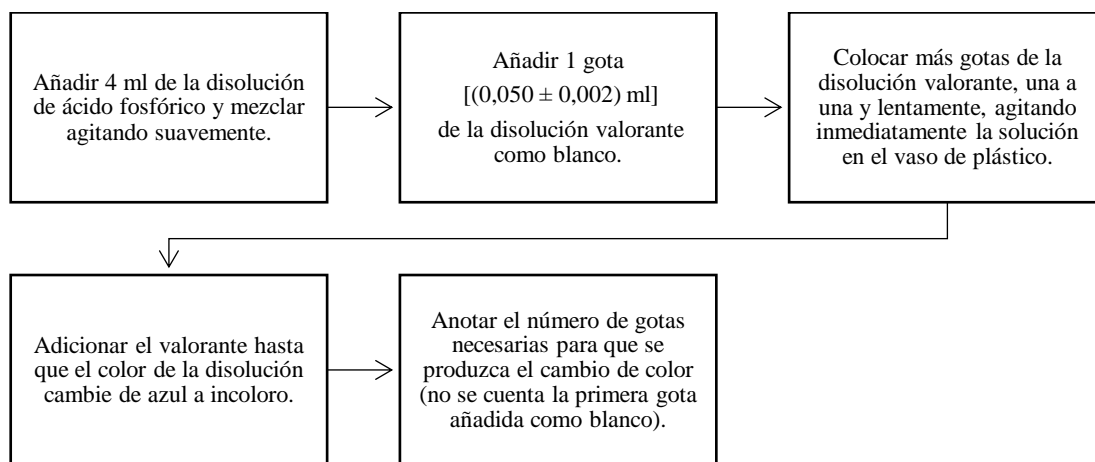
**Realizado por:** Calva, Débora, 2021



**Figura 18-2.** Utilización de parche Bresle.

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

2.7.6.3 *Análisis volumétrico para determinar la concentración de iones de hierro.*



**Figura 19-2.** Análisis volumétrico para determinar la densidad superficial de iones hierro.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

Según el número de gotas utilizadas se evaluó la densidad superficial de los iones de hierro en  $\text{mg/m}^2$  según la tabla siguiente:

**Tabla 9-2.** Resultados de la valoración según la Norma NTE INEN-ISO 8502-12.

Número de gotas necesarias para la valoración	Densidad superficial de los iones de hierro ( $\text{mg/m}^2$ )	
	Min.	Max.
1	0	27
2	27	54
3	54	81
4	81	108
5	108	135
6	135	162
7	162	189

**Fuente:** Norma NTE INEN-ISO 8502-12 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

Los análisis mencionados se realizaron en el Laboratorio de Físico – Química, Termodinámica y Corrosión de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para lo cual se utilizó los instrumentos respectivos en determinación de densidad, viscosidad, pH y el material correspondiente para la preparación del producto desoxidante y las soluciones para el análisis de iones hierro.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis de resultados

##### 3.1.1 Resultados de la elaboración del desoxidante fosfatado

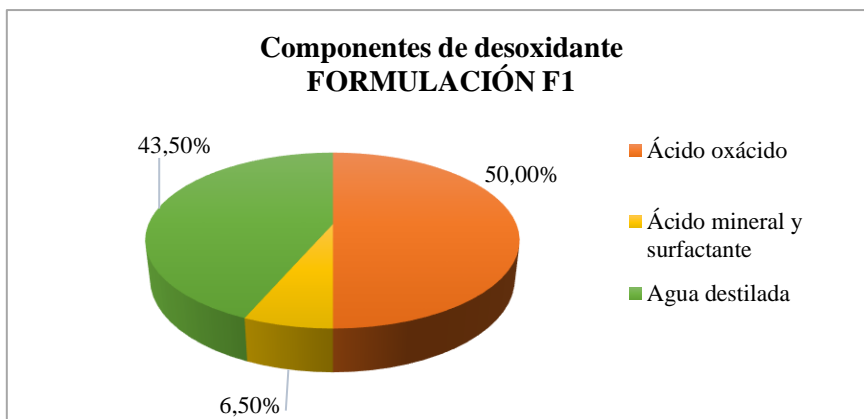
Las dos formulaciones de desoxidante fosfatado fueron elaboradas a nivel de laboratorio según las directrices especificadas por la empresa. Las cantidades correspondientes de cada componente del producto, se especifican en la siguiente tabla:

**Tabla 1-3.** Formulaciones de la elaboración de desoxidante fosfatado

Componentes	FORMULACIÓN 1	FORMULACIÓN 2
	Porcentaje (%v/v)	Porcentaje (%v/v)
Ácido oxácido	50	30
Ácido mineral y surfactante	6,5	6,5
Agua destilada	43,5	63,5

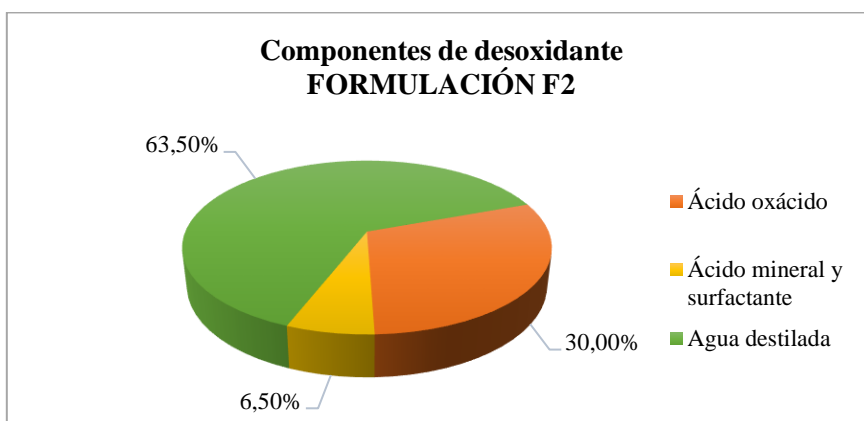
Realizado por: Calva, Débora, 2021

Los gráficos presentes indican la distribución de componentes en las formulaciones de desoxidante elaboradas, donde se aprecia la variación de la cantidad de ácido oxácido, ya que es el principal componente de dicho producto.



**Gráfico 1-3.** Distribución de los componentes de la formulación F1 de desoxidante.

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Gráfico 2-3.** Distribución de los componentes de la formulación F2 de desoxidante.

Realizado por: Calva, Débora, 2021

### 3.1.2 Resultados de las pruebas físicas, químicas y reológicas.

#### 3.1.2.1 Resultados de las pruebas de Densidad

La densidad es una prueba física que indica la masa de una muestra sobre un volumen, para ello se aplicó el método de descrito en la Norma NTE INEN 1009, donde una vez obtenidas las mediciones de masa y volumen se aplican en la siguiente fórmula para el cálculo de la densidad:

$$\delta_m = \frac{M_1 - M_2}{V}$$



Donde

$\delta_m$  : es la densidad de la muestra (g/cm<sup>3</sup>)

$M_1$  : es la masa del picnómetro con la muestra (g)

$M_2$  : es la masa del picnómetro vacío (g)

$V$  : es el volumen del picnómetro (cm<sup>3</sup>)

Reemplazando valores se tiene:

$$\delta_m = \frac{29.7337 - 16.4224}{10}$$

$$\delta_m = 1.33113 \text{ g/cm}^3$$

**Tabla 2-3.** Resultados de pruebas de densidad,  
Formulación F1 de desoxidante

<b>Densidad de la Formulación F1 (g/ml)</b>		
<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>
1,33113	1,30688	1,30974
1,33268	1,30854	1,31121
1,33187	1,30694	1,30847
1,32958	1,30459	1,30787

\***F1A** Formulación 1 de desoxidante, primera repetición

\*\***F1B** Formulación 1 de desoxidante, segunda repetición

\*\*\***F1C** Formulación 1 de desoxidante, tercera repetición

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

**Tabla 3-3.** Resultados de pruebas de densidad,  
Formulación F2 de desoxidante

<b>Densidad de la Formulación F2 (g/ml)</b>		
<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>
1,19330	1,17246	1,18136
1,19487	1,18351	1,18065
1,18959	1,17485	1,18595
1,19345	1,16957	1,18470

\***F2A** Formulación 2 de desoxidante, primera repetición

\*\***F2B** Formulación 2 de desoxidante, segunda repetición

\*\*\***F2C** Formulación 2 de desoxidante, tercera repetición

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

### 3.1.2.2 Resultados de las pruebas de Potencial de hidrógeno (pH)

El pH se presenta como una prueba química ya que es una propiedad que indica el cambio en la composición de una muestra, lo cual supone al analizar el contenido de iones hidronio e hidroxilo. Es así que los resultados de dicha prueba se presentan en las posteriores tablas.

**Tabla 4-3.** Resultados de pruebas de pH, Formulación F1 de desoxidante

pH de la Formulación F1 (g/ml)		
F1A	F1B	F1C
0,80	0,54	0,48
0,81	0,53	0,49
0,81	0,52	0,49
0,80	0,53	0,50

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 5-3.** Resultados de pruebas de pH, Formulación F2 de desoxidante

pH de la Formulación F2 (g/ml)		
F2A	F2B	F2C
0,60	0,59	0,66
0,62	0,59	0,65
0,60	0,60	0,66
0,61	0,58	0,67

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Los datos de pH obtenidos indican que la Formulación 1 de desoxidante tiene un potencial de hidrógeno desde 0,49 a 0,81 y para la Formulación 2 va desde 0,58 a 0,67. Lo que indica que los desoxidantes elaborados presentan un pH ácido, por lo que se debe tomar algunas consideraciones en su manejo y utilización para evitar complicaciones en la salud de quien lo maneje.

### 3.1.2.3 Resultados de las pruebas de Viscosidad

La viscosidad al ser una prueba reológica permitió medir la fluidez de los desoxidantes elaborados, para dicho estudio se aplicó el Método de Stokes descrito en el capítulo anterior, de manera que para calcular dicha propiedad se aplica la fórmula siguiente:

$$\eta = \frac{2 \cdot (\delta_e - \delta_f) \cdot g \cdot a^2}{9V}$$

Donde

$\eta$  : es la viscosidad dinámica (Pa.s)

$\delta_e$  : es la densidad de la esfera (Kg/m<sup>3</sup>)

$\delta_f$  : es la densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

$a$  : es el radio de la esfera (m)

$V$  : es la velocidad de la esfera (m/s)

Reemplazando los valores en la fórmula se tiene:

$$\eta = \frac{2 \cdot (2729 - 1331.13)(9.8)(0.01)^2}{9(6.4634)}$$

$$\eta = 0.0471 \text{ Pa.s}$$

**Tabla 6-3.** Datos de viscosidad, Formulación F1 de desoxidante

Formulación de desoxidante		Densidad esfera (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad fluido (Kg/m <sup>3</sup> )	Radio esfera (m)	Velocidad esfera (m/s)	Viscosidad (Pa.s)
F1	F1A	2729	1331,13	0,01	6,4634	0,0471
		2729	1332,68	0,01	6,5449	0,0465
		2729	1331,87	0,01	6,4549	0,0471
		2729	1329,58	0,01	6,8456	0,0445
	F1B	2729	1306,88	0,01	7,0871	0,0437
		2729	1308,54	0,01	7,0550	0,0438
		2729	1306,94	0,01	7,1850	0,0431
		2729	1304,59	0,01	7,1159	0,0436
	F1C	2729	1309,74	0,01	7,1217	0,0434
		2729	1311,21	0,01	7,1348	0,0433
		2729	1308,47	0,01	7,1211	0,0434
		2729	1307,87	0,01	7,1985	0,0430

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 7-3.** Datos de viscosidad, Formulación F2 de desoxidante

Formulación de desoxidante		Densidad esfera (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad fluido (Kg/m <sup>3</sup> )	Radio esfera (m)	Velocidad esfera (m/s)	Viscosidad (Pa.s)
F2	F2A	2729	1193,30	0,01	11,2229	0,0298
		2729	1194,87	0,01	11,4598	0,0292
		2729	1189,59	0,01	11,3786	0,0295
		2729	1193,45	0,01	11,2412	0,0297
	F2B	2729	1172,46	0,01	12,4168	0,0273
		2729	1183,51	0,01	11,9958	0,0281
		2729	1174,85	0,01	12,0155	0,0282
		2729	1169,57	0,01	12,1312	0,0295
	F2C	2729	1181,36	0,01	13,2173	0,0255
		2729	1180,65	0,01	13,4027	0,0252
		2729	1185,95	0,01	12,1258	0,0277
		2729	1184,70	0,01	12,9649	0,0259

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Los datos obtenidos de viscosidad indican que, en promedio para la primera Formulación se tiene una viscosidad de 0,0444 Pa.s lo que señala que la viscosidad es muy similar a la del ácido oxácido debido a que dicha formulación presenta un 50% v/v de este componente. Por otra parte, la Formulación 2 en promedio tiene una viscosidad de 0,028 Pa.s, la cual es menor debido a que la cantidad de agua presente en la formulación es del 63,5%.

#### 3.1.2.4 Resultados de las pruebas físicas, químicas y reológicas del desoxidante Comercial



**Figura 1-3.** Ejemplos de Desoxidantes Comerciales XXX

Fuente: (Adheplast, 2018) (INVESA , 2020)

Con fines comparativos se realizaron ensayos de densidad, pH y viscosidad a un desoxidante comercial, siguiendo las metodologías expuestas en el Capítulo II. Ya que dicho producto no cuenta con una base de datos sobre sus propiedades.

**Tabla 8-3.** Propiedades del desoxidante Comercial XXX

Densidad (g/ml)	pH	Viscosidad (Pa.s)
1,0730	1,76	0,0124
1,0956	1,75	0,0122
1,0857	1,77	0,0123
1,0547	1,76	0,0123

Realizado por: Calva, Débora, 2021

En promedio se puede apreciar que el desoxidante comercial tiene una densidad de 1,0772 g/ml, un pH de 1,76 y una viscosidad de 0,0123 Pa.s.

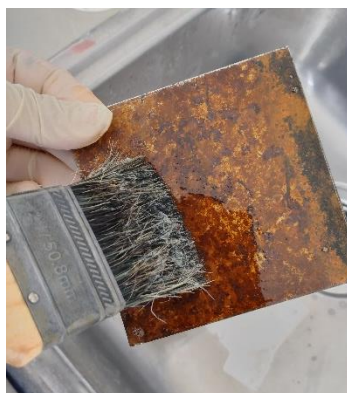
### 3.1.3 *Tiempo de acción del desoxidante elaborado y comercial*

Al aplicar las formulaciones de desoxidante elaborado y comercial en las probetas estandarizadas con presencia de corrosión en Grado C, el tiempo de tratamiento dependió del método de aplicación del producto, ya sea por inmersión o rociado y también de la composición del desoxidante.



**Figura 2-3.** Remoción de óxido por Inmersión

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Figura 3-3.** Remoción de óxido por Rociado

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 9-3.** Tiempo de acción del desoxidante F1 en las probetas metálicas corroídas

Material de la probeta	Formulación de desoxidante aplicado	Método de Aplicación	Código	Tiempo de Tratamiento (min)
ACERO NEGRO (A)	F1	ROCIADO	A:F1-R1	185
			A:F1-R2	185
			A:F1-R3	187
		INMERSIÓN	A:F1-N1	63
			A:F1-N2	62
			A:F1-N3	64
ACERO SUAVE (B)		ROCIADO	B:F1-R1	170
			B:F1-R2	175
			B:F1-R3	181
		INMERSIÓN	B:F1-N1	55
			B:F1-N2	58
			B:F1-N3	60

\*Referencia del código: A: Acero negro B: Acero suave F1: Formulación 1 de desoxidante

N: Inmersión R: Rociado

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 10-3.** Tiempo de acción del desoxidante F2 en las probetas metálicas corroídas

Material de la probeta	Formulación de desoxidante aplicado	Método de Aplicación	Código	Tiempo de Tratamiento (min)
ACERO NEGRO (A)	F2	ROCIADO	A:F2-R1	208
			A:F2-R2	210
			A:F2-R3	213
		INMERSIÓN	A:F2-N1	75
			A:F2-N2	78
			A:F2-N3	78
ACERO SUAVE (B)		ROCIADO	B:F2-R1	189
			B:F2-R2	191
			B:F2-R3	188
		INMERSIÓN	B:F2-N1	69
			B:F2-N2	67
			B:F2-N3	70

\*Referencia del código: A: Acero negro B: Acero suave F2: Formulación 2 de desoxidante

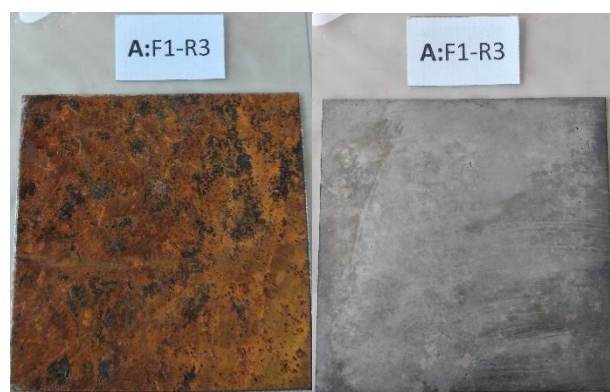
N: Inmersión R: Rociado

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Al observar los tiempos cronometrados para cada tratamiento se aprecia que el método de aplicación más efectivo es el de Inmersión, debido a su corto tiempo de acción que en promedio fue de 1 hora, 6 minutos y 3 segundos (66,60 min) de todos los tratamientos realizados por este método. Por otra

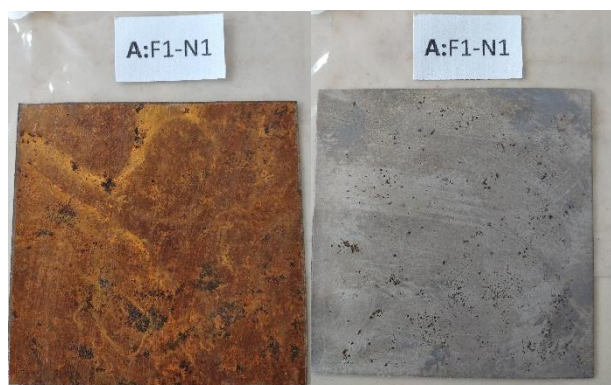
parte, los tratamientos por Rociado presentaron una duración de 3 horas, 10 minutos y 8 segundos (190,16 min) en promedio.

Ambos métodos de tratamiento presentaron resultados muy similares en cuando a la remoción de óxido de las probetas en los tiempos establecidos (ver Anexos C, D, E y F).



**Figura 4-3.** Comparación de probeta A:F1-R3 antes y después del tratamiento por el método de Rociado (duración 3h 6,6min)

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Figura 5-3.** Comparación de probeta A:F1-N1 antes y después del tratamiento por el método de Inmersión (duración 1h 3min)

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Para los tratamientos realizados con el desoxidante Comercial XXX se obtuvieron los siguientes datos de tiempos de tratamiento:

**Tabla 11-3.** Tiempos de acción de los tratamientos con desoxidante comercial

Material de la Probeta	Formulación de Desoxidante Aplicado	Método de Aplicación	Código	Tiempo de Tratamiento (Min)
ACERO NEGRO (A)	DESOXIDANTE COMERCIAL	ROCIADO	A:D-R1	255
			A:D-R2	260
			A:D-R3	258
		INMERSIÓN	A:D-N1	214
			A:D-N2	216
			A:D-N3	216
ACERO SUAVE (B)		ROCIADO	B:D-R1	248
			B:D-R2	245
			B:D-R3	247
	INMERSIÓN	B:D-N1	250	
		B:D-N2	248	
		B:D-N3	250	

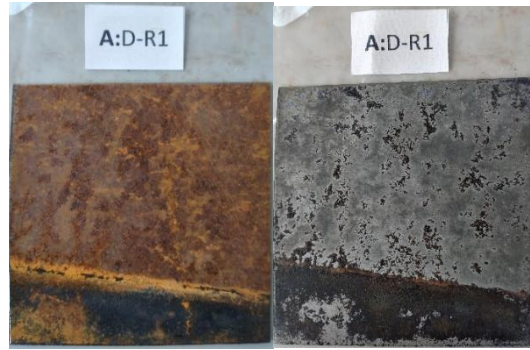
\*Referencia del código: **A:** Acero negro **B:** Acero suave **D:** Desoxidante Comercial

**N:** Inmersión **R:** Rociado

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

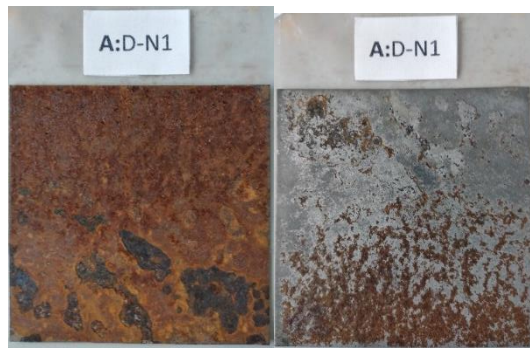
En la Tabla 11-3 se pueden apreciar los tiempos de acción del desoxidante comercial tanto en las probetas de acero negro como de acero suave con cada método de aplicación. En general el tratamiento supera los 200 minutos es decir aproximadamente 3 horas con 30 minutos. Sin embargo, en las figuras presentadas a continuación se observa que dicho desoxidante no actuó completamente sobre el óxido a tratar, ya que dejó trazas de herrumbre sobre la superficie, de manera que el material siguió presentando deterioro y una corrosión de Grado B (ver Anexos G y H).





**Figura 6-3.** Comparación de probeta A:D-R1 antes y después del tratamiento con desoxidante comercial por el método de Rociado (duración 4h 15min)

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Figura 7-3.** Comparación de probeta A:D-N1 antes y después del tratamiento con desoxidante comercial por el método de Inmersión (duración 3h 34min)

Realizado por: Calva, Débora, 2021

### 3.1.3.1 Comparación de los tiempos de acción de los desoxidantes elaborados vs desoxidante Comercial XXX

En las siguientes tablas de indican los datos promedio obtenidos de los distintos tratamientos, según la formulación de desoxidante aplicada sobre las probetas metálicas corroídas.

**Tabla 12-3.** Tiempos de acción de los tratamientos con desoxidante F1, F2 y comercial por el método de Rociado

Material	Acero Negro			Acero Suave		
	F1	F2	D	F1	F2	D
Tiempo (min)	185,7	210,3	257,7	175,3	189,3	246,7

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 13-3.** Tiempos de acción de los tratamientos con desoxidante F1, F2 y comercial por el método de Inmersión

Material	Acero Negro			Acero Suave		
Formulación	F1	F2	D	F1	F2	D
Tiempo (min)	63,0	77,0	215,3	57,7	68,7	249,3

Realizado por: Calva, Débora, 2021

De los datos expuestos se puede apreciar que el tiempo promedio de acción de la Formulación 1 de desoxidante en las probetas corroídas es relativamente menor que el tiempo de acción de la Formulación 2. Esto se debe a que la concentración del ácido oxácido es mayor en la primera formulación, lo que permite una reacción más rápida entre el desoxidante y la superficie corroída.

Por otra parte, los tiempos de acción del desoxidante comercial son mayores a los tiempos de F1 y F2, debido a que su acción no es completa y tarda en hacer efecto el tratamiento en las probetas corroídas.

#### **3.1.4 Resultados de las pruebas Bresle**

Los datos que se muestran a continuación indican el resultado de la titulación para la determinación de iones hierro presentes en las probetas de acero negro y acero suave, posterior al tratamiento con desoxidante.

El número de gotas de valorante para la titulación se comparó con la Tabla 9-2 que indica los resultados de la valoración de la prueba Bresle según la Norma NTE INEN-ISO 8502-12 (ver Anexo A). Donde se realizaron interpolaciones para determinar la densidad superficial de iones hierro Fe<sup>++</sup> en cada probeta del análisis.

### 3.1.4.1 Resultados de pruebas Bresle en probetas Blanco

**Tabla 14-3.** Densidad superficial de iones hierro Fe<sup>++</sup> en probetas Blanco

Tipo de probeta	Material	Estado	# Gotas valorante	Densidad superficial de iones Fe <sup>++</sup> (mg/m <sup>2</sup> )
BLANCO 1	ACERO NEGRO	SIN TRATAMIENTO	67	1809
BLANCO 2	ACERO SUAVE	SIN TRATAMIENTO	58	1566

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Los datos que se presentan en la Tabla 11-3 fueron tomados de las pruebas Bresle realizadas a las probetas blanco (ver Anexo B) de cada uno de los materiales en estado de corrosión donde, para el Acero Negro se tiene una densidad superficial de iones hierro de 1809 mg/m<sup>2</sup> y para el Acero Suave fue de 1566 mg/m<sup>2</sup>, lo que indica un alto grado de corrosión de las probetas sin tratamiento.

### 3.1.4.2 Resultados de pruebas Bresle en probetas tratadas con desoxidante elaborado

**Tabla 15-3.** Densidad superficial de iones hierro Fe<sup>++</sup> en probetas de Acero Negro

Material	Formulación	Método de Aplicación	Código	# Gotas valorante	Densidad superficial de iones Fe <sup>++</sup> (mg/m <sup>2</sup> )
ACERO NEGRO (A)	F1A-F1B-F1C	ROCIADO	A:F1-R1	7	189
			A:F1-R2	9	243
			A:F1-R3	8	216
		INMERSIÓN	A:F1-N1	11	297
			A:F1-N2	8	216
			A:F1-N3	10	270
	F2A-F2B-F2C	ROCIADO	A:F2-R1	10	270
			A:F2-R2	6	162
			A:F2-R3	6	162
		INMERSIÓN	A:F2-N1	9	243
			A:F2-N2	11	297
			A:F2-N3	9	243

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Tomando en cuenta que la densidad superficial de iones hierro presentes en la probeta blanco de Acero Negro que fue de 1809 mg/m<sup>2</sup>, se puede apreciar notablemente una disminución de la corrosión en las probetas ya tratadas, donde la menor densidad fue de 162 mg/m<sup>2</sup> y la mayor de 297 mg/m<sup>2</sup>. Es decir que la corrosión disminuyó entre un 83,28% a 91,04%.

**Tabla 16-3.** Densidad superficial de iones hierro Fe<sup>++</sup> en probetas de Acero Suave

Material	Formulación	Método de Aplicación	Código	# Gotas valorante	Densidad superficial de iones Fe <sup>++</sup> (mg/m <sup>2</sup> )
ACERO SUAVE (B)	F1A-F1B-F1C	ROCIADO	B:F1-R1	4	108
			B:F1-R2	4	108
			B:F1-R3	3	81
		INMERSIÓN	B:F1-N1	2	54
			B:F1-N2	2	54
			B:F1-N3	3	81
	F2A-F2B-F2C	ROCIADO	B:F2-R1	4	108
			B:F2-R2	5	135
			B:F2-R3	4	108
		INMERSIÓN	B:F2-N1	4	108
			B:F2-N2	6	162
			B:F2-N3	5	135

Realizado por: Calva, Débora, 2021

La densidad superficial de iones hierro de la probeta blanco de Acero Suave fue de 1566 mg/m<sup>2</sup>, teniendo esto en consideración se apreciar una disminución de la corrosión en las probetas ya tratadas, donde la menor densidad fue de 54 mg/m<sup>2</sup> y la mayor de 162 mg/m<sup>2</sup>. Es decir que la corrosión disminuyó entre un 89,65% a 96,55%.

Los porcentajes de disminución de la corrosión entre las probetas de Acero Negro y Acero Suave difieren debido al material, ya que el acero suave posee una mayor resistencia a la corrosión por la presencia de carbono en su estructura.

### 3.1.4.3 Resultados de pruebas Bresle en probetas tratadas con desoxidante comercial

**Tabla 17-3.** Densidad superficial de iones hierro Fe<sup>++</sup> en probetas de Acero Negro y Acero Suave tratadas con desoxidante comercial

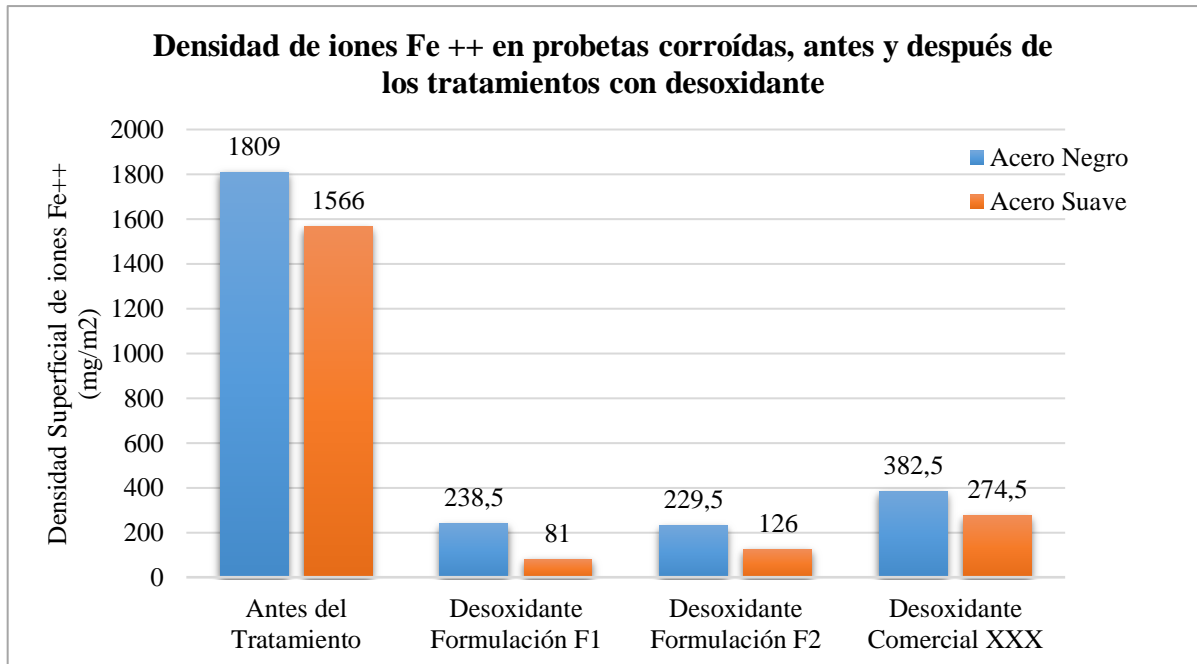
Material	Formulación	Método de Aplicación	Código	# Gotas valorante	Densidad superficial de iones Fe <sup>++</sup> (mg/m <sup>2</sup> )
ACERO NEGRO (A)	DESOXIDANTE COMERCIAL	ROCIADO	A:D-R1	14	378
			A:D-R2	20	540
			A:D-R3	16	432
		INMERSIÓN	A:D-N1	12	324
			A:D-N2	10	270
			A:D-N3	13	351
ACERO SUAVE (B)	DESOXIDANTE COMERCIAL	ROCIADO	B:D-R1	10	270
			B:D-R2	12	324
			B:D-R3	9	243
		INMERSIÓN	B:D-N1	10	270
			B:D-N2	9	243
			B:D-N3	11	297

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Al analizar la Tabla 12-3 de manera general se aprecia que la menor densidad superficial de iones Fe<sup>++</sup> en las probetas de acero negro es de 270 mg/m<sup>2</sup> y la mayor de 540 mg/m<sup>2</sup>, lo que indica una remoción de óxido de 70,15% a 85,07%

Por otro lado, para los tratamientos en las probetas de acero suave se tiene que la menor densidad es de 243 mg/m<sup>2</sup> y la mayor es de 324 mg/m<sup>2</sup>, esto representa un porcentaje de remoción de óxido de 79,31% a 84,48%

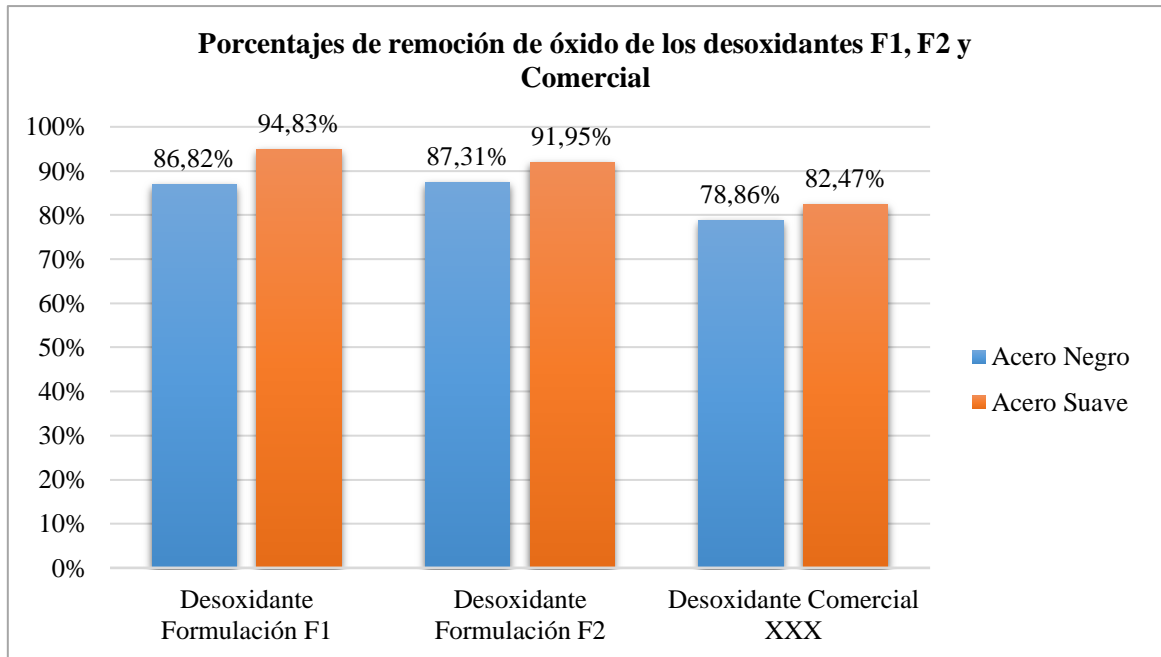
En promedio, el análisis de dichos datos se ilustra de mejor manera en los posteriores gráficos, donde se indica el descenso de la densidad de iones Fe<sup>++</sup> que representan el grado de oxidación de las superficies metálicas analizadas.



**Gráfico 3-3.** Densidad de iones hierro en probetas de Acero Negro y Acero Suave, antes y después del tratamiento con desoxidante F1, F2 y Comercial.

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

La gráfica indica la densidad de iones hierro Fe<sup>++</sup> de las probetas de acero negro y acero suave antes y después de los tratamientos realizados con las formulaciones de desoxidante elaborado F1, F2 y desoxidante comercial, donde se aprecia una disminución considerable de los iones hierro tanto en los tratamientos F1 y F2. Esta comparación se aprecia de mejor manera en el Gráfico 4-3 el cual indica los porcentajes de remoción de óxido de los distintos tratamientos.



**Gráfico 4-3.** Porcentajes de remoción de óxido de las probetas corroídas de Acero Negro y Acero Suave después del tratamiento con desoxidante F1, F2 y Comercial.

**Realizado por:** Calva, Débora, 2021

Se puede apreciar que en el acero negro la corrosión fue controlada en un 86,82% con la aplicación de desoxidante F1 a las probetas, un 87,31% con la formulación F2 y 78,86% con el desoxidante comercial, por lo que la mejor remoción en ese material se dio con la formulación F2.

Para el acero suave se tiene un porcentaje de remoción de óxido de 94,83% con F1, 91,95% con F2 y 82,47% con desoxidante comercial. Lo que indica que la mayor remoción en dicho material se dio con la formulación F1.

Con lo antes mencionado se puede decir que las formulaciones F1 y F2 de desoxidante elaboradas controlan la corrosión entre un 86% y 94%, dejando la superficie tratada en estado de pasivación y recuperando la apariencia del material retirando en su mayoría el óxido de la superficie. Por otra parte, el desoxidante comercial analizado controla la corrosión entre un 79% y 82%, sin embargo, no mejora en su totalidad la apariencia de la superficie tratada (ver Anexos G y H).

Cabe mencionar que el porcentaje de remoción de óxido también depende del estado de la probeta o metal a tratar ya que en una misma pieza o material metálico ferroso pueden existir varios tipos de corrosión localizada.

### 3.1.5 Análisis estadístico de las pruebas físicas, químicas, reológicas y pruebas Bresle

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de las pruebas y ensayos realizados a los desoxidantes elaborados F1 y F2, se efectuó una prueba Turkey donde se analizaron las varianzas estadísticamente significativas entre una formulación y otra con una significancia de 0,05 para todos los análisis de datos.

#### 3.1.5.1 Prueba física - densidad

**Tabla 18-3.** Varianza de densidades de los desoxidantes F1 y F2 elaborados

Formulación	Repeticiones	Promedio de densidad (g/ml)	Varianza
F1	12	1,3158	0,000134
F2	12	1,1837	0,000070

Realizado por: Calva, Débora, 2021

De los datos analizados con respecto a la densidad de los desoxidantes elaborados se obtuvieron varianzas de 0,000134 para F1 y de 0,00007 para F2. Al realizar la prueba de Turkey se pudo apreciar que, si existe una diferencia significativa entre las densidades de la primera formulación con las de la segunda formulación, esto es debido a la cantidad de componentes de cada fórmula, ya que F1 está compuesta en mayor proporción del ácido oxácido y tiende a poseer una densidad aproximada de dicho compuesto químico.

#### 3.1.5.2 Prueba química - pH

**Tabla 19-3.** Varianza de pH de los desoxidantes F1 y F2 elaborados

Formulación	Repeticiones	Promedio de pH	Varianza
F1	12	0,61	0,021433
F2	12	0,62	0,001027

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Con el análisis de los datos de pH de las formulaciones de desoxidante elaboradas, se expone que existe una varianza de 0,021433 para F1 y 0,001027 para F2. Al ejecutar la prueba de Turkey para los datos de esta propiedad se apreció que no existe una diferencia significativa entre los datos, esto



se debe a que las formulaciones de desoxidante elaboradas se encuentran en un rango de pH ácido que no excede la unidad.

### 3.1.5.3 Prueba reológica – viscosidad

**Tabla 20-3.** Varianza de viscosidad de los desoxidantes F1 y F2 elaborados

Formulación	Repeticiones	Promedio de Viscosidad (Pa.s)	Varianza
F1	12	0,0444	0,000002
F2	12	0,0280	0,000003

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Para los datos de la prueba reológica de viscosidad de los desoxidantes elaborados, se obtuvo una varianza de 0,000002 para la formulación F1 y 0,000003 para F2. Con el análisis de Turkey se pudo corroborar que existe una diferencia significativa entre las viscosidades de ambas formulaciones y se debe a que cada formulación cuenta con distintos porcentajes de las sustancias que los componen, siendo que la viscosidad del producto tiende a ser parecida a la viscosidad del componente que está presente en mayor proporción dentro de la formulación.

### 3.1.5.4 Prueba Bresle

**Tabla 21-3.** Varianza de la densidad superficial de iones Fe<sup>++</sup> de las probetas de hacer negro y suave tratadas con los desoxidantes F1 y F2

Formulación/Material	Repeticiones	Promedio de Densidad superficial de iones Fe <sup>++</sup> (mg/m <sup>2</sup> )	Varianza
F1 / Acero Negro	6	238,5	1579,5
F2 / Acero Negro	6	229,5	3134,7
F1 / Acero Suave	6	81,00	583,20
F2 / Acero Suave	6	126,0	486,00

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Para los datos analizados de las pruebas Bresle ejecutadas en las probetas tratadas con desoxidante, se tomaron en cuenta la formulación y el material de la probeta, es así que se obtuvieron los valores

de varianza expuestos en la Tabla 17-3. Sin embargo, al realizar la prueba de Turkey para dichos datos, se apreció que la misma formulación de desoxidante aplicada a una probeta de acero negro y otra de acero suave muestra una diferencia significativa en cuanto a la densidad de iones hierro de la superficie y por ende en la remoción de óxido. Es decir, que la remoción de óxido de una probeta corroída depende netamente del material que se esté tratando, ya que en este caso entre el acero negro y acero suave existe una diferencia porcentual de carbono, donde el acero suave presenta mejores propiedades frente a la corrosión.

### 3.1.6 Comparación entre el desoxidante comercial y el desoxidante elaborado

**Tabla 22-3.** Resultados generales del Desoxidante Fosfatado-Formulación F1

Análisis	FORMULACIONES		
	F1A	F1B	F1C
Estado	líquido	líquido	líquido
Olor	químico	químico	químico
Color	amarillento	transparente	transparente
Densidad (g/ml)	1,3313	1,3067	1,3093
Viscosidad (Pa.s)	0,0463	0,0436	0,0433
pH	0,81	0,53	0,49

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Los datos que se aprecian en la tabla son un recuento de todas las pruebas realizadas al desoxidante elaborado según la formulación 1. En cuanto al color de la formulación F1A difiere de las demás debido a que los componentes fueron adicionados de distinta manera, por lo que surgió un color amarillento. Tanto en la densidad como viscosidad presentaron valores similares entre las repeticiones de la formulación, sin embargo, pero el pH se ve afectado.

**Tabla 23-3.** Resultados generales del Desoxidante Fosfatado-Formulación 2

Análisis	FORMULACIONES		
	F2A	F2B	F2C
Estado	líquido	líquido	líquido
Olor	químico	químico	químico
Color	transparente	transparente	transparente
Densidad (g/ml)	1,1928	1,1751	1,1832
Viscosidad (Pa.s)	0,0295	0,0283	0,0261
pH	0,61	0,59	0,66

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Por otra parte, se pueden observar los datos correspondientes a los análisis de las repeticiones de la Formulación 2 de desoxidante, donde presentan características y valores similares en todas las pruebas realizadas.

**Tabla 24-3.** Resultados generales del Desoxidante Comercial

	Análisis	FORMULACIÓN
		D
<b>DESOXIDANTE COMERCIAL</b>  Formulación bajo patente	Estado	líquido
	Olor	cítrico
	Color	transparente
	Densidad (g/ml)	1,0773
	Viscosidad (Pa.s)	0,0123
	pH	1,76

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Los análisis realizados a los desoxidantes elaborados también se los ejecutaron al desoxidante comercial con fines comparativos, teniendo los datos expuesto en la Tabla 17-3. Claramente se puede apreciar que la densidad, viscosidad y pH difieren de las formulaciones F1 y F2. La principal característica perceptiva del desoxidante comercial es su parecido con el agua, es por ello que sus valores de los análisis físicos y reológicos son similares al de este líquido. En cuanto al pH, es superior a las otras formulaciones con un valor de 1,76.

Las características que tiene el desoxidante comercial, se deben netamente a su composición misma que se encuentra bajo patente por reglamento empresarial de quienes lo producen. Por otra parte, el precio de venta al público de un litro de desoxidante comercial, en general se encuentra entre \$3,00 a \$7,00 aproximadamente.

### **3.1.7 Costos de producción a nivel laboratorio**

Los costos de producción expuestos se tomaron en cuenta para un litro de desoxidante que se produjo a nivel laboratorio para las pruebas de ensayo, considerando únicamente los componentes de la formulación y material para elaborarlo.

**Tabla 25-3.** Costos de compuestos para la producción de desoxidante Formulación F1

<b>FORMULACIÓN 1</b>				
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Ácido oxácido	500 aprox.	ml	0,002131(c/ml)	1,07
Ácido mineral y surfactante	65 aprox.	ml	0,007741(c/ml)	0,17
Agua destilada	435 aprox.	ml	0,001500(c/ml)	0,65
Insumos	-	-	-	0,60
				<b>2,49</b>
				<b>TOTAL</b>

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 26-3.** Costos de insumos para la producción de desoxidante Formulación 2

<b>FORMULACIÓN 2</b>				
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Ácido oxácido	300 aprox.	ml	0,002131(c/ml)	0,64
Ácido mineral y surfactante	65 aprox.	ml	0,007741(c/ml)	0,17
Agua destilada	635 aprox.	ml	0,001500(c/ml)	0,95
Insumos	-	-	-	0,60
				<b>2,36</b>
				<b>TOTAL</b>

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Teniendo en cuenta los costos de los insumos para la producción de los desoxidantes F1 y F2, el precio difiere por las cantidades de ácido oxácido y agua de cada formulación, teniendo una diferencia de \$0,13 entre ambos desoxidantes.

En dicho apartado solo se toman en cuenta los precios de materias primas e insumos de elaboración, ya que en el Capítulo IV se detalla los costos de producción comercial para la empresa.

## 3.2 Prueba de Hipótesis

### 3.2.1 Hipótesis 1

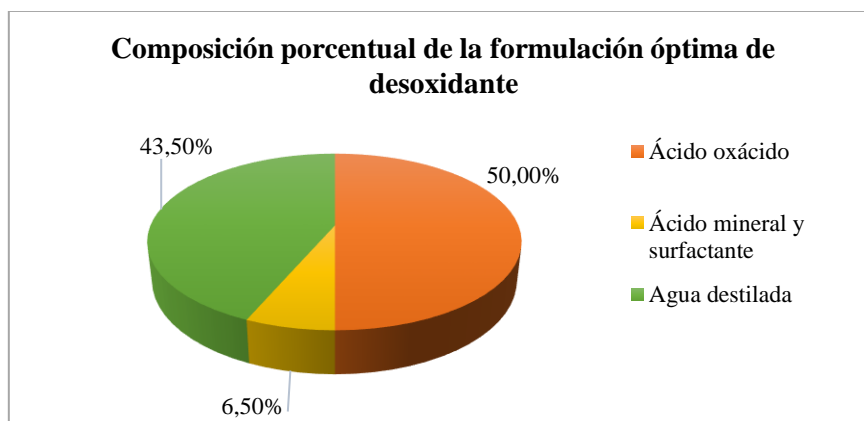
Se desarrolló una formulación óptima de desoxidante, siendo un producto idóneo para la remoción de óxido de superficies corroídas de hierro y afines, con un porcentaje de 50% de ácido oxácido. Dicha formulación mostró resultados prometedores en cuanto a tiempo de acción en cualquiera de las dos formas de tratamiento que se las pueda aplicar (inmersión y rociado) y el porcentaje de remoción de la corrosión.

Por todas las pruebas analizadas y evaluadas técnicamente, la formulación más efectiva por sus características de desoxidación es la formulación F1. Las cantidades utilizadas para la elaboración de dicho desoxidante se muestran a continuación:

**Tabla 27-3.** Formulación óptima de desoxidante fosfatado

Componentes	Componentes	Porcentajes %
Inhibidor	Ácido oxácido	50,00
Pasivador	Ácido mineral y surfactante	43,50
Disolvente	Agua destilada	6,50

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Gráfico 5-3.** Composición porcentual de la formulación óptima de desoxidante fosfatado.

Realizado por: Calva, Débora, 2021

### 3.2.2 Hipótesis 2

Una vez que se determinó la formulación más idónea de desoxidante fosfatado, se tienen los siguientes datos de las pruebas y análisis realizados al producto terminado. Cabe mencionar que no existe actualmente una norma vigente que regule la producción, elaboración y análisis de parámetros de desoxidantes, sin embargo, se tomaron como referencia las fichas técnicas de desoxidantes comerciales para evaluar los siguientes parámetros en el producto realizado, como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 28-3.** Datos de las propiedades del desoxidante fosfatado

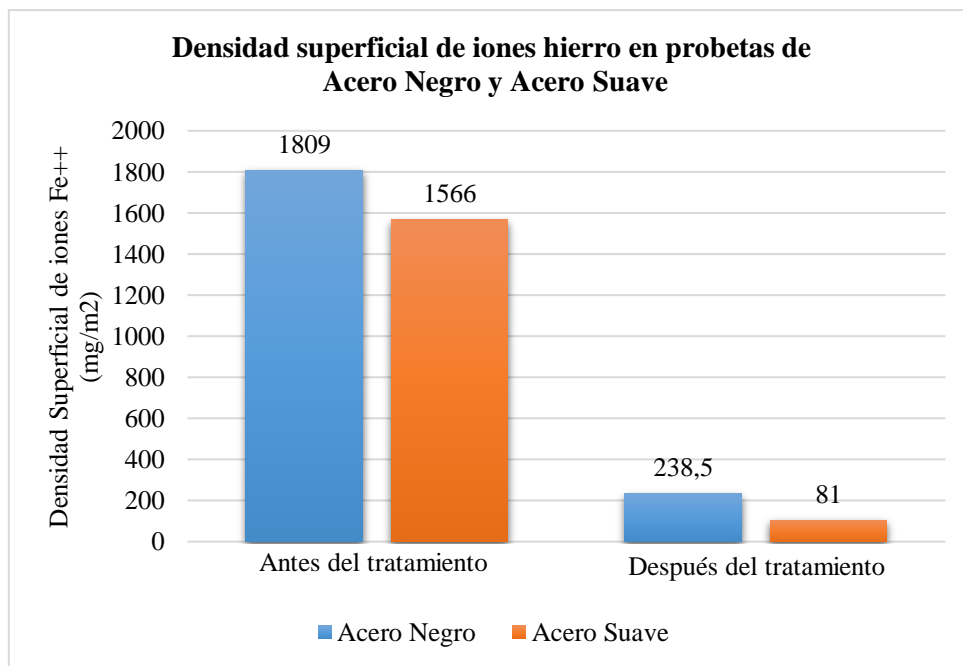
Prueba	Tipo de propiedad	Norma	Valor	Unidad
Densidad	Física	NTE INEN 1009	1,3158	g/ml
pH	Química	NTE INEN 820	0,61	-
Viscosidad	Reológica	Método Stokes	0,0444	Pa.s

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Tomado en consideración los análisis realizados al desoxidante comercial y comparando las propiedades estudiadas con otros desoxidantes del mercado, se puede decir que el producto elaborado se encuentra dentro de los rangos permisibles en el mercado.

### 3.2.3 Hipótesis 3

La prueba Bresle se aplica para determinar el porcentaje de remoción de óxido de hierro de las probetas una vez que se aplicó el desoxidante elaborado según la Norma NTE INEN-ISO 8205-12, se pudo comprobar el grado de corrosión mediante la densidad superficial de iones hierro  $Fe^{++}$  posterior al tratamiento con desoxidante fosfatado. Esta prueba se realizó a las probetas blanco de acero negro y acero suave antes del tratamiento para verificar el estado inicial de la densidad de dichos iones .



**Gráfico 6-3.** Comparación de la densidad de iones hierro en las probetas de acero negro y suave antes y después del tratamiento con desoxidante F1

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Es así que se puede comprobar que la densidad de iones hierro, considerados como herrumbre sobre las superficies metálicas de acero, descendieron notablemente al aplicar el tratamiento anticorrosivo. De esta manera se evidencia la efectividad del desoxidante elaborado, ya que redujo la corrosión de las probetas metálicas de entre un 87% a un 95%.

#### 3.2.4 Hipótesis 4

Los resultados obtenidos en el presente estudio indicaron que la formulación F1 de desoxidante fue aquella que mejores características tuvo en cuanto a tiempo de acción del tratamiento, propiedades físicas, químicas y reológicas, y la capacidad de remoción de óxido. Con esto se presentó una propuesta de producción de desoxidante a gran escala para la empresa CAMI Ingeniería de Procesos, detallando el proceso de producción, costos, utilidad y presentación del producto (ver Capítulo IV).

## **CAPÍTULO IV**

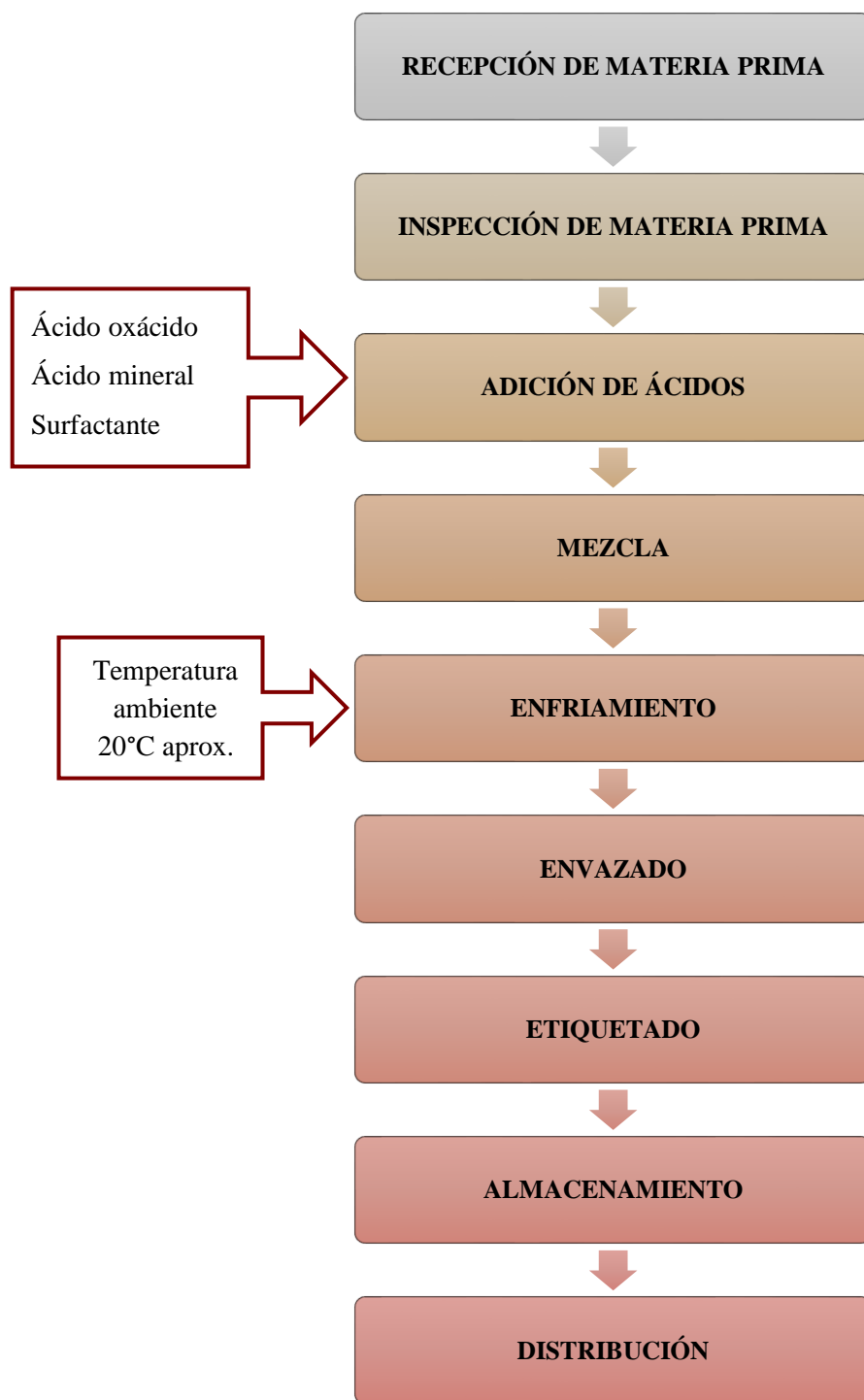
### **4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

#### **4.1 Propuesta para la producción del desoxidante fosfatado**

Una vez realizada la experimentación, evaluación y análisis del desoxidante fosfatado se presenta una propuesta para la producción de dicho producto para la empresa CAMI Ingeniería de procesos. Donde la formulación de desoxidante más idónea con la que se trabajará es F1, ya que posee las características y eficiencia requeridas por la empresa.



#### 4.1.1 Diagrama del proceso de producción del Desoxidante Fosfatado



**Gráfico 1-4.** Diagrama de bloques del proceso de elaboración de desoxidante fosfatado

Realizado por: Calva, Débora, 2021

#### 4.1.2 Diseño Técnico

**Tabla 1-4.** Diseño técnico del desoxidante fosfatado

<b>Nombre del producto</b>	DESOXIMETAL
<b>Descripción del producto</b>	Producto desoxidante de consistencia líquida, formulado con ácido oxácido, ácido mineral, surfactante y agua. Se puede utilizar para remover óxido de superficies metálicas de acero y afines.
<b>Presentación</b>	Envase de plástico 1000 ml Envase de plástico 1 galón
<b>Características</b> Físicas, químicas y reológicas	<b>Densidad:</b> 1,3158 g/ml <b>Viscosidad:</b> 0,0444 Pa.s <b>pH:</b> 0,61 <b>Porcentaje de remoción de óxido:</b> 95%

Realizado por: Calva, Débora, 2021

#### 4.1.3 Presentación del producto



**Figura 1-4.** Logo del desoxidante fosfatado

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Figura 2-4.** Etiqueta frontal desoxidante

Realizado por: Calva, Débora, 2021



**Figura 3-4.** Etiqueta posterior desoxidante

Realizado por: Calva, Débora, 2021

Las etiquetas fueron elaboradas según la normativa INEN 2288 donde se describen los requisitos para etiquetar productos químicos con los que se requiera tener un manejo especial debido a su composición (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000).

#### 4.1.4 Capacidad de producción

La capacidad de producción de la Empresa CAMI Ingeniería de Procesos es 75 unidades de desoxidante de 1 litro cada semana, produciendo en un promedio de 300 al mes y anualmente 3600 unidades de Desoximetal. Para los envases con capacidad de 1 galón (3,78L) semanalmente se elaboran 75 unidades, al mes un aproximado de 300 y anualmente 3600 unidades.

**Tabla 2-4.** Capacidad de producción de Desoximetal, empresa CAMI Ingeniería de Procesos

Capacidad del envase	Días - Semanas						Cantidad de producto por semana	Cantidad de producto por mes
	L	M	M	J	V	S		
1 Litro	13	13	13	12	12	12	75	300
1 Galón (3,78L)	13	13	13	12	12	12	75	300
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>150</b>	<b>600</b>

Realizado por: Calva, Débora, 2021

#### 4.1.5 Costos comerciales

En el presente apartado se exponen los costos de producción de Desoximetral para la empresa CAMI Ingeniería de Procesos en presentaciones de un litro y un galón.

**Tabla 3-4.** Costos de producción de un litro de DESOXIMETRAL

<b>DESOXIMETRAL</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Total</b>
Formulación	1000	ml	\$1,88
Envase	1	ud.	\$0,35
Etiqueta	1	ud.	\$0,10
Insumos	-	-	\$0,30
			<b>\$2,63</b>
			<b>TOTAL</b>

Realizado por: Calva, Débora, 2021

**Tabla 4-4.** Costos de producción de un galón de DESOXIMETRAL

<b>DESOXIMETRAL</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Total</b>
Formulación	1	galón	\$7,11
Envase	1	ud.	\$0,40
Etiqueta	1	ud.	\$0,15
Insumos	-	-	\$0,30
			<b>\$7,96</b>
			<b>TOTAL</b>

Realizado por: Calva, Débora, 2021

El precio unitario de producción de desoxidante para la empresa es de \$2,63 por cada litro y de \$7,96 por cada galón. Sin embargo, dichos precios tienden a bajar aplicando una economía de escala. Proponiendo una capacidad de producción de 300 unidades de desoxidante de 1 litro y 300 unidades de desoxidante de 1 galón por mes, se tendrían las siguientes proyecciones.

**Tabla 5-4.** Precio de venta al público de DESOXIMETRAL

<b>Presentación</b>	<b>Costo de producción por unidad</b>	<b>Margen de Ganancia 70%</b>	<b>Transporte y Logística 40%</b>	<b>Precio de Venta al Público</b>
1 Litro	\$2,50	\$1,75	\$1,25	<b>\$5,50</b>
1 Galón	\$7,50	\$5,25	\$3,25	<b>\$16,50</b>

Realizado por: Calva, Débora, 2021

\* El costo de transporte estándar tiene un porcentaje del 40% del precio del producto, por las incidencias de la pandemia dicho porcentaje puede subir o bajar, por lo que se deberá tomar en cuenta este valor para el precio final del producto.

El precio de venta al público de cada unidad de DESOXIMETAL en presentación de un litro sería de \$5,50 y por cada galón sería \$16,50 teniendo una utilidad neta de 120% en el punto de venta. Los precios expuestos están dentro del rango de valores de productos de este tipo ya que en gran parte el valor depende de los componentes y calidad del producto.

Al realizar una proyección de ventas, y considerando que todas las unidades elaboradas por mes son vendidas se tendrá una ganancia de \$6600 mensuales para la empresa.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo principal de presente trabajo de investigación fue evaluar un desoxidante fosfatado capaz de remover óxido de probetas metálicas de acero negro y suave corroídas, de manera que se pueda presentar una propuesta rentable a la empresa CAMI Ingeniería de Procesos. Siendo así que la formulación más eficiente de desoxidante elaborado fue aquella que contó con un porcentaje mayor de ácido oxácido del 50%, el cual actúa sobre la superficie corroída retirando el óxido. Dicha formulación también consta de un 6,5% de ácido mineral y surfactante mismo que actúa como pasivador de la superficie, evitando que la corrosión vuelva a presentarse por un tiempo y permitiendo formar una espacie de jabón para retirar el óxido removido por los ácidos. Completando el 100% de la formulación, se tuvo un 43,5% de agua destilada, la cual permitió que todos los componentes se incorporen para formar una mezcla homogénea de desoxidante.

En cuanto a las pruebas realizadas a los desoxidantes se aprecia que tanto la formulación F1 como la formulación F2 se encuentran dentro de los rangos que establecen los desoxidantes comerciales, debido a que no existe actualmente una Normativa nacional que indique los lineamientos para elaborar y analizar este tipo de productos.

Para la primera formulación se tuvo una densidad promedio de 1,3158 g/ml, y para la segunda fue de 1,1837 g/ml estas densidades difieren 0,1321 unidades debido a la cantidad de agua y ácido, la primera formulación tiende a ser más densa debido a que posee el 50% de ácido oxácido en su composición.

En cuanto a pH se refiere, las formulaciones F1 y F2, presentaron valores inferiores a 1 (0,61 y 0,62 respectivamente) indicando que los desoxidantes elaborados tienen una acidez muy alta, por lo que se deben tomar las debidas precauciones en su manejo y utilización. En comparación al pH del desoxidante comercial que fue de 1,76 la diferencia radica en los componentes de cada formulación, como el desoxidante Comercial XXX está bajo patente, se puede deducir que contiene uno o varios componentes que modifican su pH, sin embargo, este sigue siendo ácido.

La viscosidad para la formulación F1 fue de 0,0444 Pa.s, dicho valor es semejante a la viscosidad del ácido oxácido (0,047 Pa.s aproximadamente) ya que lo compone en un 50%. Por otro lado la

viscosidad de F2 fue de 0,028 Pa.s, aquí esta propiedad disminuyó su valor, debido a que la formulación posee una mayor cantidad de agua destilada.

Una vez analizados los desoxidantes elaborados, se procedió a aplicar a las probetas de acero negro y acero suave en estado de corrosión. Para lo cual se ejecutaron dos métodos de tratamiento, el de inmersión y por rociado, donde el tipo de tratamiento más eficaz fue por inmersión, ya que el tiempo de acción fue de 1 hora aproximadamente, donde la probeta corroída quedaba completamente sumergida en el producto, de manera que pudo actuar en menor tiempo. Por otra parte, por el método de rociado, el tratamiento tuvo una duración de 3 horas aproximadamente debido a que las probetas no estaban en contacto continuo con el producto por lo que en cada hora se fue rociando el desoxidante en las probetas hasta que estas no presentaran rastros de corrosión.

Por otro lado, realizando una comparación con el tiempo de acción del desoxidante comercial, este fue posterior a las 2 horas para inmersión y 4 horas por rociado, donde la corrosión no fue debidamente retirada de las probetas y en la apariencia de las superficies no tuvieron un cambio significativo.

Después de ser tratadas las probetas corroídas con los desoxidantes elaborados y comercial, se procedió a realizarles las pruebas Bresle según la normativa NTE INEN-ISO 8502-12 para comprobar el grado de corrosión de las probetas posterior a los tratamientos. Donde con la formulación F1 en acero negro se obtuvo una densidad superficial promedio de iones hierro  $Fe^{++}$  de 238,5  $mg/m^2$  y en acero suave 81  $mg/m^2$ . Con la formulación F2 se tuvo 229,5  $mg/m^2$  para acero negro y 126  $mg/m^2$  para acero suave. De manera que para el acero suave los valores son menores debido a que la composición de este metal le permite ser un poco más resistente a la corrosión.

Por otra parte, aplicando el desoxidante comercial a las probetas corroídas se tuvo una densidad de iones hierro de 382,5  $mg/m^2$  para el acero negro y 274,5  $mg/m^2$  para acero suave. Haciendo una comparación con los valores de densidad superficial de iones hierro con los tratamientos de los desoxidantes elaborados, la acción que tiene el desoxidante comercial es menos eficiente que estos, ya que remueve la corrosión en un 78,85% en acero negro y 82,47% en acero suave. Al contrario de la formulación F1 que tiene una remoción de óxido del 86,82% para acero negro y 94,83% para acero suave. También la formulación F2 posee valores similares de 87,31% para acero negro y 91,95% para acero suave. Estos valores fueron obtenidos comparando la densidad superficial de iones hierro de probetas blanco corroídas sin ningún tipo de tratamiento y después de la aplicación de desoxidante.

En cuanto a costos de producción se refiere, a nivel laboratorio el costo de un litro de desoxidante F1 es de \$2,49 y de F2 es de \$2,36. Estos precios tienen una diferencia de \$0,13 sin embargo, a pesar que el precio de F1 tiende a ser mayor por su formulación, se considera que es el desoxidante ideal para la remoción de óxido de superficies ferrosas corroídas, por otra parte, los costos de producción de dicho desoxidante para la empresa va a depender si se aplica una economía a escala para que los valores puedan descender y obtener un mayor margen de ganancia.

Con todo lo expuesto se puede decir que la formulación F1 de desoxidante fosfatado, es la más idónea para la remoción de óxido de superficies de acero y afines, debido a que su tiempo de acción es relativamente corto, retira la corrosión en un 95%, protege y pasiva la superficie tratada y mejora en gran manera su aspecto a pesar que tiene un precio relativamente mayor.



## CONCLUSIONES

- La formulación más efectiva de desoxidante fosfatado se logró con un porcentaje del 50% de ácido oxácido el cual actúa como inhibidor de la corrosión retirando el óxido de las superficies metálicas, de los demás componentes se tuvo un 6,5% de ácido mineral y surfactante el cual actúa como pasivador de la superficie, evitando que la corrosión aparezca nuevamente en un periodo de tiempo determinado y 43,5% de agua destilada.
- De los análisis realizados al desoxidante se pudo apreciar que la densidad está entre 1,30459 g/ml y 1,33268 g/ml. En cuanto a la viscosidad se tuvo 0,0431 Pa.s y 0,0471 Pa.s, estos datos son similares a los del ácido oxácido debido a que está presente en mayor cantidad en la formulación, el pH que presentó fue de entre 0,49 y 0,81. Comprobando dichos valores con los de desoxidantes comerciales y las normas pertinentes se puede decir que el producto se encuentra dentro de los rangos establecidos comercialmente.
- Al aplicar el desoxidante elaborado en las probetas corroídas se determinó que por inmersión el tiempo de tratamiento fue de 66,60 min y por rociado fue de 190,16 min; estos tiempos permitieron una remoción general de óxido y para validar se comprobó la efectividad del desoxidante mediante las pruebas Bresle analizando la densidad superficial de iones hierro  $Fe^{++}$  solubles en agua según la norma NTE INEN-ISO 8502-12, donde presentó una remoción de óxido de 87% hasta el 95%.
- Conociendo la formulación más efectiva de desoxidante se presentó una propuesta de producción a gran escala para la empresa CAMI Ingeniería de Procesos, con la producción de 600 unidades de desoxidante en presentaciones de litros y galones, teniendo una utilidad neta de 120% con un precio de comercialización de \$5,50 por cada litro y de \$16,50 por cada galón de dicho producto.

## RECOMENDACIONES

- Se debe tomar en cuenta las medidas de seguridad para el manejo de los desoxidantes ya que contienen sustancias muy corrosivas. Por lo que se sugiere utilizar Equipo de Protección Personal (EPP) para su manejo y utilización.
- El desoxidante tiene un tiempo promedio de acción dependiendo del tipo de método con el que se aplique. Sin embargo, se puede dejar actuar el tratamiento en un tiempo prolongado sobre la superficie a tratar según el requerimiento, para mejores resultados.
- El desoxidante elaborado de formulación F1 puede ser diluido hasta un 20% para obtener los mismos resultados, sin embargo, se deberá evaluar el tiempo de tratamiento ya sea por rociado o inmersión.
- El presente trabajo puede servir como base para futuros proyectos e investigaciones, de manera que se sondeen nuevos componentes para la elaboración de desoxidantes, haciéndolos más amigables con el ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

**ADHEPLAST.** Desoxidante . [En línea] 21 de Junio de 2018. <https://www.facebook.com/AdheplastPinturas/posts/desoxidante-nosotros-lo-tenemos-utiliza-nuestros-productos-rejuvenece-el-metal-p/805779979626007/>.

**AGUDO SAIZ, Diego.** La importancia del diseño en la corrosión de los materiales: caso particular de la Pasarela de la ETSIIT, Universidad de Cantabria. [En línea] Julio de 2017. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/11403/395000.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>.

**AGUILAR, ARMANDO, y otros.** Efecto de formulaciones de convertidores de óxido aplicadas a probetas de acero 1010 expuestas en ambiente ácido. [En línea] Agosto de 2017. [http://virtual.cuautitlan.unam.mx/CongresoCiTec/Memorias\\_Congreso/Anio1\\_No1/9/ID-13.pdf](http://virtual.cuautitlan.unam.mx/CongresoCiTec/Memorias_Congreso/Anio1_No1/9/ID-13.pdf).

**ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DEL ACERO.** Alacero. *Acero*. [En línea] 27 de Noviembre de 2015. [Citado el: 12 de Enero de 2021.] <https://www.alacero.org/es/page/el-acero>.

**AZURE - SOLUCIONES INDUSTRIALES.** Ácido fosfórico. [En línea] 2019. [https://azure.afi.es/ContentWeb/EmpresasUnicaja/capitulo/28/productos/quimicos/inorganicos/com puestos/inorganicos/organicos/metales/contenido\\_sidN\\_1052425](https://azure.afi.es/ContentWeb/EmpresasUnicaja/capitulo/28/productos/quimicos/inorganicos/com puestos/inorganicos/organicos/metales/contenido_sidN_1052425).

**BELMOT METALS.** Desgasificantes y desoxidantes. [En línea] 2017. <https://www.belmontmetals.com/es/categoria-producto/desoxidantes-y-desgasificantes/>.

**CALLE MIÑACA, Mario Romeo y CALLE BONE, Lilian Leonor.** Determinación del espesor de la capa de fosfatizado en metales ferrosos en función de la concentración, temperatura y tiempo. [En línea] 2019. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18268/1/T-UCE-0017-IQU-035.pdf>.

**CALVA, Jhoanna.** DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO DE MARKETING PARA CAMI INGENIERÍA DE PROCESOS, DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PERÍODO 2017. [En línea] 2018. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13881/1/102T0254.pdf>.

**CASTRO ROJAS, Ximena.** EXTRACCIÓN DE NONILFENOL ETOXILATO Y NONILFENOL DESDE MATRICES ACUOSAS UTILIZANDO UN SISTEMA DE DISCO ROTATORIO CON UNA FASE MIXTA DE NANOTUBOS DE CARBONO Y POLIDIMETILSILOXANO . [En línea] Universidad de Chile , 2010. [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/qf-castro\\_xa/pdfAmont/qf-castro\\_xa.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/qf-castro_xa/pdfAmont/qf-castro_xa.pdf).

**CENTENO ROMERO, Miguel Ángel.** Degradación de nonilfenol polietoxilado en agua por medio del proceso fotofenton. [En línea] Julio de 2014. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17129/25-1-16674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**CHACÓN MOLINA, Liseth Johana.** Viscosidad. *Estudio de los parámetros de reacción para la producción de biodiesel en condiciones no convencionales a partir del aceite de palma.* . [En línea] 2017. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13302/1/T-ESPEL-IPE-0002.pdf>.

**CHAUBEY, NAMRATA, y otros.** Frontiers and advances in green and sustainable inhibitors for corrosion applications: A critical review. [En línea] 10 de Octubre de 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732220342562>.

**CHEMELECTRIC.** NONILFENOL ETOXILADO. [En línea] 2019. <https://chemelectricllc.com/productos/nonilfenol-etoxilado/>.

**CPC Instrumentos.** Método Bresle . [En línea] Mayo de 2020. <http://www.cpcinstrumentos.com/productos/metodo-bresle/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20Bresle%20permite%20determinar,la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20los%20recubrimientos.&text=Este%20m%C3%A9todo%20cumple%20con%20las%20solubles%20de%20la%20superficie>.

**CYM Materiales S.A.** Normas de Preparación de Superficie – Granallado y Arenado. [En línea] 2018. [Citado el: 12 de Enero de 2021.] <https://www.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/contratacion/documentos/granallado-normas-preparacion-de-superficie.pdf>.

**DINCORSA** . Características de los diferentes tipos de acero. [En línea] 31 de Octubre de 2016. <https://www.dincorsa.com/blog/conoce-caracteristicas-diferentes-tipos-acero/>.

**ELCOMETER**. Medir la contaminación de sal utilizando el método Bresle en conformidad ISO 8502-9 8502-6/ISO. [En línea] Diciembre de 2020. <https://www.elcometer.com/es/medir-la-contaminacion-de-sal-utilizando-el-metodo-bresle-en-conformidad-iso-8502.html>.

**EVANS, ULIK R. y COMPANY BUENO, J.** *Corrosiones Metálicas*. Barcelona : Editorial Reverté, 2018. págs. 180-182.

**INSTITUTO DE NORMALIZACIÓN ECUATORIANO**. AGENTES SURFACTANTES. DETERMINACIÓN DEL pH. [En línea] Septiembre de 2013. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/820-1R.pdf>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**. *NTE INEN-ISO 1514 PINTURAS Y BARNICES. PROBETAS NORMALIZADAS PARA ENSAYO*. Quito : INEN, 2014.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**. *NTE INEN-ISO 8502-12 PREPARACIÓN DE SUSTRATOS DE ACERO PREVIA A LA APLICACIÓN DE PINTURAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS. ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES. PARTE 12: MÉTODO IN SITU PARA LA DETERMINACIÓN DE IONES DE HIERRO SOLUBLES EN*. Quito : INEN, 2014.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**. PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD. [En línea] Diciembre de 2015. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-1009-1.pdf>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**. Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos. *NTE INEN 2288:2000*. [En línea] 2000. <https://www.prosigma.com.ec/pdf/gso/INEN2288Productos-Quimicos-Industriales-Etiquetado.pdf>.

**INVESA** . Desoxidante . [En línea] 2020. <https://www.invesa.com/product/desoxidante/>.

**KHAN ACADEMY.** Ácidos, bases, pH y soluciones amortiguadoras. [En línea] 2017. <https://es.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/acids-bases-and-ph/a/acids-bases-ph-and-buffers>.

**LEVINSON.** El Acero . [En línea] Noviembre de 2020. [Citado el: 12 de Enero de 2021.] <https://www.aceroslevinson.com/2017/12/>.

**LIU, XIAOLING, y otros.** Using high-temperature mechanochemistry treatment to modify iron oxide and improve the corrosion performance of epoxy coating – I. High-temperature ball milling treatment. [En línea] Enero de 2015. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010938X14001863>.

**LUCAS GRANADOS, Bianca y SÁNCHEZ TOVAR, Rita.** *Corrosión*. Valencia : Editorial de la Universidad de Valencia, 2018. págs. 4-6.

**MEDINA, César, ALASTUEY, Patricio y GÓMEZ MARIGLIANO, Ana C.** Aplicabilidad del método de Stokes para medir la viscosidad de mezclas con gradiente de concentración. [En línea] Agosto de 2017. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6231325>.

**MUHYE, Anthony.** Métodos principales para evitar la corrosión. [En línea] 2015. <https://www.lifeder.com/evitar-corrosion/>.

**OSPINA CHÁVEZ, Jimena Andrea.** DISEÑO, SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SURFACTANTES DERIVADOS DE  $\gamma$ -AMINOÁCIDOS PREPARADOS A PARTIR DE (-)- VERBENONA. [En línea] Junio de 2012. [https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl\\_2072\\_218020/TFM\\_JimenaAndreaOspinaChavez.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_218020/TFM_JimenaAndreaOspinaChavez.pdf).

**PANNONI, Fábio Domingos.** *Principios de protección de estructuras metálicas en situaciones de corrosión e incendio*. Tercera . Brasilia : PERFIS-GERDAU ACOMINAS, 2004. Vol. II.

**PRTR-España.** NONIFENOL Y ETOXILATOS DE NONIFENOL (NP/NPE). [En línea] 2019. <http://www.prtr-es.es/Nonifenol-y-Etoxilatos-de-nonifenol,15651,11,2007.html>.

**RISCOSLAB.** Guía Ácido Nítrico. [En línea] 2016.  
[https://www.uab.cat/doc/DOC\\_RiscosLab13\\_DF\\_Guia\\_us\\_Acid\\_Nitric](https://www.uab.cat/doc/DOC_RiscosLab13_DF_Guia_us_Acid_Nitric).

**SALAZAR JIMÉNEZ, José Alberto.** Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. [En línea] 2015 de Abril de 2015.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>.

**SALAZAR JIMÉNEZ, José Alberto.** Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. [En línea] 30 de Abril de 2015.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>.

**TEXTOS CIENTÍFICOS.** Corrosión. [En línea] 4 de Diciembre de 2015.  
<https://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion>.

**VÁZQUEZ, Marcela.** *La corrosión: el peor de los villanos cuando dominan los metales.* Madrid : Eudem, 2015.



Firmado digitalmente por:  
JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS

## ANEXOS.

**ANEXO A.** NTE INEN-ISO 8502-12 - Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 12: Método in situ para la determinación de iones de hierro solubles en agua por volumetría. (ISO 8502-12:2003, IDT)



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO 8502-12**

Primera edición  
2014-01

**PREPARACIÓN DE SUSTRATOS DE ACERO PREVIA A LA  
APLICACIÓN DE PINTURAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS.  
ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA LIMPIEZA DE LAS  
SUPERFICIES. PARTE 12: MÉTODO IN SITU PARA LA  
DETERMINACIÓN DE IONES DE HIERRO SOLUBLES EN AGUA POR  
VOLUMETRÍA. (ISO 8502-12:2003, IDT)**

PREPARATION OF STEEL SUBSTRATES BEFORE APPLICATION OF PAINTS AND  
RELATED PRODUCTS. TESTS FOR THE ASSESSMENT OF SURFACE CLEANLINESS. PART  
12: FIELD METHOD FOR THE TITRIMETRIC DETERMINATION OF WATER-SOLUBLE  
FERROUS IONS. (ISO 8502-12:2003, IDT)

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional  
ISO 8502-12:2003.

---

DESCRIPTORES: Pinturas, ensayo, preparación, sustratos, acero, evaluación, limpieza, superficies, determinación.  
ICS: 25.220.10

CON LICENCIA DE USO PARA DÉBORA FIORELA CALVA ODEBGO, POR INEN  
NÚMERO DE ORDEN: 001 - 005 - 000150541 / DESCARGADO: 2025-12-01  
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

© ISO 2003 – Todos los derechos reservados  
© INEN 2014

10  
Páginas



## Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 8502-12 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 8502-12:2003, *'Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Tests for the assessment of surface cleanliness. Part 12: Field method for the titrimetric determination of water-soluble ferrous ions'*; la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN.

CON LICENCIA DE USO PARA DÉBORA FIORELA CALVA ODERICO, POR INEN  
NÚMERO DE ORDEN: 001 - 005 - 000150541 / DESCARGADO: 2020-12-01  
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA</b> .....	<b>8</b>
<b>3 FUNDAMENTO DEL MÉTODO</b> .....	<b>8</b>
<b>4 REACTIVOS</b> .....	<b>8</b>
<b>5 MATERIAL Y APARATOS</b> .....	<b>9</b>
<b>6 EXTRACCIÓN DE LOS CONTAMINANTES SOLUBLES EN AGUA DE LA SUPERFICIE</b> .....	<b>9</b>
<b>7 PROCEDIMIENTO OPERATORIO</b> .....	<b>9</b>
<b>8 EXPRESIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>9</b>
<b>9 PRECISIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>10 INFORME DEL ENSAYO</b> .....	<b>10</b>

## PRÓLOGO

ISO (la Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 3 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para su votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros con derecho a voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de esta norma internacional puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma Internacional ISO 8502-12 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 35, *Pinturas y barnices*, Subcomité SC 12, *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados*.

La Norma ISO 8502 se compone de las siguientes partes, bajo el título general: *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies*:

- *Parte 1: Ensayo in situ de los productos solubles de corrosión del hierro [Informe Técnico].*
- *Parte 2: Determinación en laboratorio del cloruro presente en superficies limpias.*
- *Parte 3: Determinación del polvo sobre las superficies de acero preparadas para ser pintadas (método de la cinta adhesiva sensible a la presión).*
- *Parte 4: Guía para la estimación de la probabilidad de condensación previa a la aplicación de pinturas.*
- *Parte 5: Medida de cloruros en superficies de acero preparadas para pintar (detección de iones mediante el método de tubo).*
- *Parte 6: Extracción de contaminantes solubles para análisis. Método Bresle.*
- *Parte 8: Ensayo de campo para la determinación de la humedad mediante el método refractométrico.*
- *Parte 9: Método in situ para la determinación de sales solubles en agua por conductimetría.*
- *Parte 10: Método in situ para la determinación de cloruros solubles en agua por volumetría.*
- *Parte 12: Método in situ para la determinación de iones de hierro solubles en agua por volumetría.*

Las siguientes partes están en proceso de elaboración:

- *Parte 7: Método in situ para la determinación de aceites y grasas.*
- *Parte 11: Método in situ para la determinación de sulfatos solubles en agua por turbidimetría.*
- *Parte 13: Método in situ para la determinación de sales solubles por conductimetría.*

En el momento de publicación de esta parte de la Norma ISO 8502, se encuentran en elaboración las partes 7, 11 y 13.

## INTRODUCCIÓN

La eficacia de los recubrimientos protectores de pinturas y productos afines aplicados sobre acero se ve afectada significativamente por el estado de la superficie del mismo en el momento de la aplicación de la pintura. Los principales factores que influyen en la citada eficacia son los siguientes:

- a) la presencia de óxido y calamina;
- b) la presencia de agentes contaminantes superficiales, tales como sales, polvo, aceites y grasas;
- c) el perfil de la superficie.

Las Normas Internacionales ISO 8501, ISO 8502 e ISO 8503 se han elaborado con el fin de proporcionar unos métodos para evaluar estos factores, mientras que la Norma ISO 8504 proporciona una orientación sobre los métodos de preparación disponibles para la limpieza de sustratos de acero, indicando la aptitud de cada uno de estos métodos, para conseguir determinados niveles de limpieza.

Estas normas internacionales no contienen recomendaciones respecto al recubrimiento protector que ha de ser aplicado sobre la superficie de acero. Tampoco contienen recomendaciones relativas a los requisitos de calidad de la superficie en casos específicos, aun siendo éste un factor clave a tener en cuenta a la hora de elegir el recubrimiento que se va a aplicar y también a la hora de evaluar su eficacia. Dichas recomendaciones pueden encontrarse en otros documentos tales como normas nacionales o códigos de buena práctica. Corresponde a los usuarios de estas normas internacionales asegurarse de que las calidades especificadas cumplen lo siguiente:

- son compatibles y apropiadas tanto para las condiciones ambientales a las que se va a exponer el acero, como para el sistema de recubrimiento protector que se emplee;
- están dentro de la capacidad del procedimiento de limpieza especificado.

Las cuatro normas internacionales mencionadas anteriormente abarcan los siguientes aspectos de la preparación de sustratos de acero:

ISO 8501 – *Evaluación visual de la limpieza de la superficie.*

ISO 8502 – *Ensayos para la evaluación de la limpieza de la superficie.*

ISO 8503 – *Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados.*

ISO 8504 – *Métodos de preparación de las superficies.*

Cada una de estas normas internacionales, a su vez, se divide en varias partes.

Existen diversos métodos para la determinación de iones de hierro en solución. Sin embargo, la mayoría de estos métodos son para uso en laboratorio y sólo unos pocos son apropiados para su realización *in situ*, es decir, junto con la toma de muestras en talleres, en obras, en la cubierta de un barco, etc., normalmente bajo condiciones ambientales desfavorables.

El método *in situ* propuesto para iones de hierro y los correspondientes métodos de análisis que han sido desarrollados para otros contaminantes (tales como sulfatos, cloruros, y aceite y grasa) están concebidos para ser utilizados junto con el método Bresle, Norma ISO 8502-6, para eliminar los contaminantes de una superficie. Estos métodos de análisis aportan resultados que, tras la aplicación de un sencillo factor de conversión, proporcionan directamente la cantidad de contaminante por unidad de superficie, expresada normalmente en  $\text{mg/m}^2$ . El mismo método de análisis se puede utilizar junto con otros métodos de extracción de los contaminantes.

**ADVERTENCIA** – El método descrito en esta parte de la Norma ISO 8502 implica un análisis volumétrico por adición gota a gota de una disolución de dicromato de potasio. La pequeña cantidad de disolución valorante y su baja concentración hacen que no sea peligrosa (por ejemplo, por ingestión). Sin embargo se debe prestar atención a la legislación nacional y/o local acerca de sus riesgos en cuanto al posible riesgo de contaminación ambiental.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma ISO 8502 describe un método *in situ* para determinar, mediante volumetría, los iones de hierro solubles presentes sobre superficies de acero, antes y/o después de la preparación de la superficie.

Este método está concebido, principalmente, para la evaluación de los contaminantes sobre una superficie. Es de fácil realización incluso para personal inexperto y suficientemente preciso para la mayoría de los fines prácticos.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta Norma Internacional ISO 8502. En el momento de la publicación estaban en vigor las ediciones indicadas. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Sin embargo, las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las normas indicadas a continuación. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia. Los miembros de IEC y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

ISO 3696 – *Agua para uso en análisis de laboratorio. Especificaciones y métodos de ensayo.*

ISO 8502-6:1995 – *Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 6: Extracción de agentes contaminantes solubles para analizar. Método Bresle.*

## 3 FUNDAMENTO DEL MÉTODO

Los contaminantes de la superficie a evaluar se extraen mediante el método Bresle (Norma ISO 8502-6), o cualquier otro método apropiado, empleando agua como disolvente. Después de extraer los contaminantes se acidifica el disolvente con ácido fosfórico, y se determina la concentración de iones de hierro del disolvente mediante volumetría, valorando con una disolución de dicromato de potasio, empleando sulfonato de difenilamina como indicador.

La concentración del valorante, el tamaño de las gotas y el área de la superficie de ensayo (normalmente 1 250 mm<sup>2</sup>) son elegidos de manera que el número de gotas necesarias para la valoración multiplicado por un factor de conversión sencillo proporcione la densidad superficial de iones de hierro solubles en agua.



## 4 REACTIVOS

Durante el análisis se utilizará sólo agua de calidad 3, como mínimo, conforme a la Norma ISO 3696.

NOTA – Habitualmente, el agua destilada o desionizada de conductividad menor a 0,5 mS/m (5 µS/cm) cumple esta exigencia.

**4.1 Disolución de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)**, en agua desionizada en una proporción de 1:2 (una parte en volumen de ácido fosfórico del 85%, aproximadamente, por dos de agua).

**4.2 Disolución indicadora**, una disolución isocolor al 0,5% de la sal sódica del sulfato de difenilamina (C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>NHC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>Na) en agua desionizada, contenida en el frasco A (véase el apartado 5.2). 12-01

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Anualmente se debe comprobar que el indicador no se ha deteriorado por envejecimiento, utilizando la disolución para valorar volumétricamente el contenido en sulfato de una disolución que lo contenga, por ejemplo, el agua corriente.

**4.3 Disolución de dicromato de potasio,  $c(K_2Cr_2O_7) = 0,002 \text{ mol/l}$** , para su uso como solución valorante, contenida en el frasco B (véase el apartado 5.3).

## 5 MATERIAL Y APARATOS

**5.1 Vaso de plástico, de tamaño apropiado, normalmente de 20 ml.**

**5.2 Frasco A**, con una capacidad de 30 ml, con dispositivo cuentagotas para la disolución indicadora (véase el apartado 4.2), vertiendo en cada gota 0,05 ml, aproximadamente.

**5.3 Frasco B**, con una capacidad de 30 ml, con dispositivo cuentagotas de la disolución valorante (véase el apartado 4.3), vertiendo en cada gota  $(0,050 \pm 0,002) \text{ ml}$ , aproximadamente.

## 6 EXTRACCIÓN DE LOS CONTAMINANTES SOLUBLES EN AGUA DE LA SUPERFICIE

Los contaminantes solubles en agua se extraen de la superficie del acero utilizando el método Bresle descrito en la Norma ISO 8502-6 o utilizando otro método apropiado.

Cuando se utilice el método Bresle, el tamaño del parche será A-1250, (con un área de  $1\,250 \text{ mm}^2$ ), a no ser que sea necesario otro tamaño. Independientemente del tamaño del parche, se utiliza como disolvente un volumen de agua proporcional al área del compartimiento del parche, es decir  $(2,5 \pm 0,5) \mu\text{l}$  por cada milímetro cuadrado del área del parche.

## 7 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

Utilizando el procedimiento operatorio descrito en el capítulo 5 de la Norma ISO 8502-6:1995, se recoge la disolución que contiene los iones de hierro a analizar en el vaso de plástico (véase el apartado 5.1).

Se añade, aproximadamente, 1 ml de la disolución indicadora (véase el apartado 4.2) y se mezcla agitando suavemente el vaso de plástico de modo que la disolución resulte homogénea.

Se determina la concentración de iones de hierro mediante análisis volumétrico del siguiente modo:

Se añaden 4 ml de la disolución de ácido fosfórico (véase el apartado 4.1) y se mezcla agitando suavemente al vaso de plástico de modo que la disolución resulte homogénea.

Se añade 1 gota  $[(0,050 \pm 0,002) \text{ ml}]$  de la disolución valorante (véase el apartado 4.3) como blanco.

Se añaden más gotas de la disolución valorante, una a una y lentamente, agitando inmediatamente la solución en el vaso de plástico después de la adición de cada gota, hasta que el color de la disolución cambie de incoloro, pasando por azul grisáceo, a violeta. Se anota el número de gotas necesarias para que se produzca el cambio de color (no se cuenta la primera gota añadida como blanco).

NOTA – El cambio de color no es muy pronunciado. La adición de más gotas no proporciona un cambio más acusado.

## 8 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Si se utiliza el parche Bresle A-1250, la relación entre el número de gotas necesarias para la valoración en el capítulo 7 y la densidad superficial de los iones de hierro se indica en la tabla 1. El factor de conversión es  $27 \text{ mg/m}^2$ , por gota.

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Tabla 1  
Resultado de la valoración

Número de gotas necesarias para la valoración en el capítulo 7	Densidad superficial de los iones de hierro mg/m <sup>2</sup>	
	mín.	máx.
1	0	27
2	27	54
3	54	81
4	81	108
5	108	135
6	135	162
7	162	189

Si el área del parche Bresle no es de 1 250 mm<sup>2</sup>, el resultado se multiplica por 1 250 y se divide por el valor numérico del área utilizada en mm<sup>2</sup>.

Los resultados se expresan como un intervalo de densidad superficial de iones de hierro, en mg/m<sup>2</sup>.

## 9 PRECISIÓN

La precisión de este método es independiente de la densidad superficial de los iones de hierro (véase la tabla 1).

## 10 INFORME DEL ENSAYO

El informe del ensayo debe incluir, al menos, la siguiente información:

- referencia a esta parte de la Norma ISO 8502 (es decir, ISO 8502-12:2003);
- todos los detalles necesarios para una completa identificación de la superficie de ensayo;
- el método utilizado para extraer los contaminantes solubles de la superficie de ensayo;
- el área de la superficie de ensayo;
- los resultados del ensayo, expresados como la densidad superficial de los iones de hierro y determinados conforme al capítulo 8;
- la fecha del ensayo.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: PREPARACIÓN DE SUSTRATOS DE ACERO Código: IC8  
NTE INEN-ISO PREVIA A LA APLICACIÓN DE PINTURAS Y PRODUCTOS 25.220.10  
8602-12 RELACIONADOS. ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA  
LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES. PARTE 12: MÉTODO IN  
SITU PARA LA DETERMINACIÓN DE IONES DE HIERRO  
SOLUBLES EN AGUA POR VOLUMETRÍA. (ISO 8602-12:2008,  
IDT)

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2013-11-25	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: 2013-11-27 al 2013-12-12

Comité Interno del INEN: Fecha de iniciación: 2013-12-13 Integrantes del Comité Interno:	Fecha de aprobación: 2013-12-13
--	---------------------------------

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Eco. Agustín Ortiz (Presidente) Ing. José Luis Pérez Ing. Paola Castillo Ing. Tatiana Briones	DIRECCION EJECUTIVA COORDINACIÓN GENERAL TÉCNICO DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN
Ing. Laura González Ing. Bolívar Cano Ing. Gonzalo Arteaga (Secretaría Técnica)	DIRECCIÓN DE METROLOGÍA DIRECCION DE REGLAMENTACIÓN DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Compromiso Presidencial N° 20549 del 08 de junio del 2013, para el fortalecimiento de normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN



La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria For Resolución No. 13528 de 2013-12-20  
Registro Oficial Suplemento No. 156 de 2014-01-07

REPRODUCCIÓN DE NORMAS EN LA TORRELA CALVA ODESSCO, POR INEN  
NÚMERO DE ORDEN: 001 - 005 - 0001505411 / DESCARGADO: 2025-12-01  
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



**ANEXO B. Probteras Blanco**

<b>Acero Negro</b>	<b>Acero Suave</b>
	

**ANEXO C.** Probetas de acero negro antes y después del tratamiento por rociado e inmersión con desoxidante F1.

<b>FORMULACIÓN F1</b>	
<b>ROCIADO</b>	
<b>Antes del tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
 <p>A:F1-R1</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface before treatment.</p>	 <p>A:F1-R1</p> <p>Image showing the same metal surface after treatment, appearing significantly cleaner and less rusted.</p>
 <p>A:F1-R2</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface before treatment.</p>	 <p>A:F1-R2</p> <p>Image showing the same metal surface after treatment, appearing significantly cleaner and less rusted.</p>
 <p>A:F1-R3</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface before treatment.</p>	 <p>A:F1-R3</p> <p>Image showing the same metal surface after treatment, appearing significantly cleaner and less rusted.</p>

# INMERSIÓN

A:F1-N1



A:F1-N1



A:F1-N2



A:F1-N2



A:F1-N3



A:F1-N3



**ANEXO D.** Probetas de acero negro antes y después del tratamiento por rociado e inmersión con desoxidante F2.

<b>FORMULACIÓN F2</b>	
<b>ROCIADO</b>	
<b>Antes del tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
 <p>A:F2-R1</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface before treatment.</p>	 <p>A:F2-R1</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface after treatment, appearing significantly cleaner and less corroded.</p>
 <p>A:F2-R2</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface before treatment.</p>	 <p>A:F2-R2</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface after treatment, appearing significantly cleaner and less corroded.</p>
 <p>A:F2-R3</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface before treatment.</p>	 <p>A:F2-R3</p> <p>Image showing a dark, heavily rusted metal surface after treatment, appearing significantly cleaner and less corroded.</p>

# INMERSIÓN

A:F2-N1



A:F2-N1



A:F2-N2



A:F2-N2



A:F2-N3



A:F2-N3

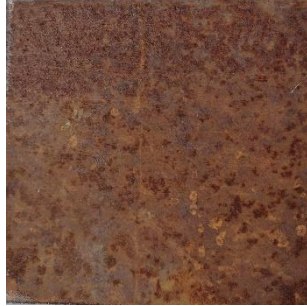


**ANEXO E.** Probetas de acero suave antes y después del tratamiento por rociado e inmersión con desoxidante F1.

<b>FORMULACIÓN F1</b>	
<b>ROCIADO</b>	
<b>Antes del tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
 <p>A rectangular metal specimen labeled B:F1-R1, showing a dark brown, heavily rusted surface.</p>	 <p>A rectangular metal specimen labeled B:F1-R1, showing a dark gray, relatively clean surface after treatment.</p>
 <p>A rectangular metal specimen labeled B:F1-R2, showing a dark brown, heavily rusted surface.</p>	 <p>A rectangular metal specimen labeled B:F1-R2, showing a dark gray, relatively clean surface after treatment.</p>
 <p>A rectangular metal specimen labeled B:F1-R3, showing a dark brown, heavily rusted surface.</p>	 <p>A rectangular metal specimen labeled B:F1-R3, showing a dark gray, relatively clean surface after treatment.</p>

**INMERSIÓN**

B:F1-N1



B:F1-N1



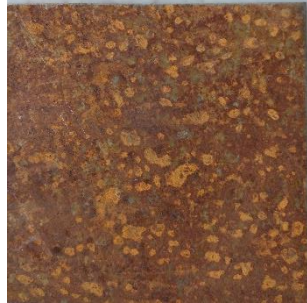
B:F1-N2



B:F1-N2



B:F1-N3



B:F1-N3



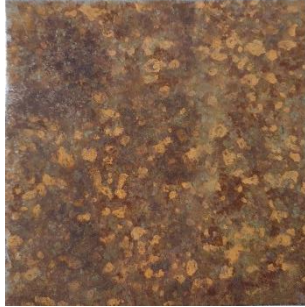
**ANEXO F.** Probetas de acero suave antes y después del tratamiento por rociado e inmersión con desoxidante F2.

<b>FORMULACIÓN F1</b>	
<b>ROCIADO</b>	
<b>Antes del tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
 <p>A photograph of a metal surface labeled 'B:F2-R1' showing a dense, orange-brown rust coating.</p>	 <p>A photograph of the same metal surface labeled 'B:F2-R1' after treatment, showing a significantly smoother and greyish surface with minimal rust.</p>
 <p>A photograph of a metal surface labeled 'B:F2-R2' showing a dense, orange-brown rust coating.</p>	 <p>A photograph of the same metal surface labeled 'B:F2-R2' after treatment, showing a significantly smoother and greyish surface with minimal rust.</p>
 <p>A photograph of a metal surface labeled 'B:F2-R3' showing a dense, orange-brown rust coating.</p>	 <p>A photograph of the same metal surface labeled 'B:F2-R3' after treatment, showing a significantly smoother and greyish surface with minimal rust.</p>



# INMERSIÓN

B:F2-N1



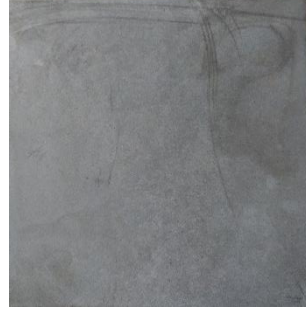
B:F2-N1



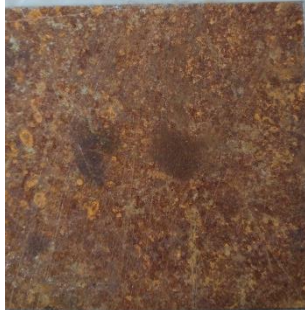
B:F2-N2



B:F2-N2



B:F2-N3



B:F2-N3

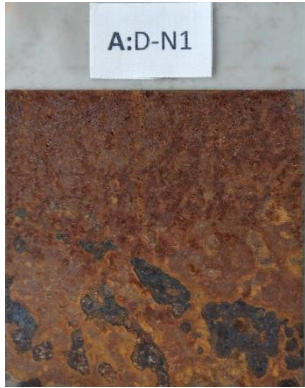


**ANEXO G.** Probetas de acero negro antes y después del tratamiento por rociado e inmersión con desoxidante Comercial XXX

<b>DESOXIDANTE COMERCIAL XXX</b>	
<b>ROCIADO</b>	
<b>Antes del tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
 <p>A:D-R1</p> <p>Photograph of a steel sample labeled A:D-R1 before treatment. The surface is heavily corroded, showing a thick, uneven layer of reddish-brown rust.</p>	 <p>A:D-R1</p> <p>Photograph of the same steel sample labeled A:D-R1 after treatment. The surface is significantly cleaner, appearing dark grey with some residual dark spots, indicating the removal of the rust.</p>
 <p>A:D-R2</p> <p>Photograph of a steel sample labeled A:D-R2 before treatment. The surface is heavily corroded, showing a thick, uneven layer of reddish-brown rust.</p>	 <p>A:D-R2</p> <p>Photograph of the same steel sample labeled A:D-R2 after treatment. The surface is significantly cleaner, appearing dark grey with some residual dark spots, indicating the removal of the rust.</p>
 <p>A:D-R3</p> <p>Photograph of a steel sample labeled A:D-R3 before treatment. The surface is heavily corroded, showing a thick, uneven layer of reddish-brown rust.</p>	 <p>A:D-R3</p> <p>Photograph of the same steel sample labeled A:D-R3 after treatment. The surface is significantly cleaner, appearing dark grey with some residual dark spots, indicating the removal of the rust.</p>

**INMERSIÓN**

A:D-N1



A:D-N1



A:D-N2



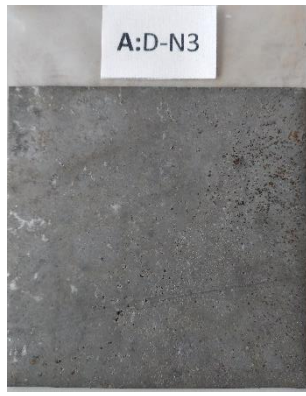
A:D-N2



A:D-N3



A:D-N3



**ANEXO H.** Probetas de acero suave antes y después del tratamiento por rociado e inmersión con desoxidante Comercial XXX

<b>DESOXIDANTE COMERCIAL XXX</b>	
<b>ROCIADO</b>	
<b>Antes del tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
 <p>B:D-R1</p> <p>Image showing a steel sample (B:D-R1) before treatment, exhibiting a thick, reddish-brown rust layer.</p>	 <p>B:D-R1</p> <p>Image showing the same steel sample (B:D-R1) after treatment, appearing significantly cleaner and darker grey.</p>
 <p>B:D-R2</p> <p>Image showing a steel sample (B:D-R2) before treatment, exhibiting a thick, reddish-brown rust layer.</p>	 <p>B:D-R2</p> <p>Image showing the same steel sample (B:D-R2) after treatment, appearing significantly cleaner and darker grey.</p>
 <p>B:D-R3</p> <p>Image showing a steel sample (B:D-R3) before treatment, exhibiting a thick, reddish-brown rust layer.</p>	 <p>B:D-R3</p> <p>Image showing the same steel sample (B:D-R3) after treatment, appearing significantly cleaner and darker grey.</p>

**INMERSIÓN**

