



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO ELECTROQUÍMICO DE AISI 304 Y HIERRO: EFECTOS DEL NaClO COMO
DESINFECTANTE HOSPITALARIO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

21941025 ANDREA MICHELLE GALINDO TURCIOS

21941360 SEBASTIÁN PERDOMO ZAVALA

ASESOR: MANUEL GAMERO

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; OCTUBRE, 2023

DEDICATORIA

“A Dios, cuya guía han sido mi fuente constante de fortaleza y dirección.

A familia y seres queridos, quienes han estado a mi lado, brindándome su apoyo, amor incondicional y sabios consejos en cada etapa.

A mí misma por nunca rendirme y dar lo mejor hasta el final.”

-Andrea Michelle Galindo Turcios

“Quiero dedicarle mi proyecto a Dios quien ha sido mi guía en toda mi carrera universitaria.

A mis padres y mis seres queridos por siempre darme un apoyo incondicional y alentarme para seguir adelante y que siempre buscara superarme en todo lo que hiciera.

A mi persona por siempre tratar de dar lo mejor de mí y no dejar de esforzarme.”

-Sebastián Perdomo Zavala

AGRADECIMIENTOS

"A mis padres, Enrique Galindo y Enriqueta Turcios por siempre darme amor, confianza y apoyo incondicional a lo largo de mi viaje académico.

A Alejandro Bendaña por siempre motivarme y acompañarme en mis horas de trabajo.

A mi hermana Alejandra Galindo por recordarme que soy capaz de realizar todo lo que me propongo.

A mis amigos más cercanos por escucharme y darme animo en los momentos más difíciles.

Al Ing. Manuel Gamero asesor metodológico, por guiarnos a lo largo de este proyecto.

A Ing. Karla Reyes, por compartirnos su conocimiento y situarnos en el contexto del tema."

-Andrea Michelle Galindo Turcios

"Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme fuerza y orientación durante este viaje. A mi padre, Carlos Perdomo, a quien le debo un enorme agradecimiento por su apoyo y por brindarme los medios necesarios para realizar mis estudios. A mi madre, Glenda Zavala, por sus oraciones y apoyo. A mi abuelita, Rita Villeda, por su amor infinito y por ser mi luz en los momentos oscuros.

A Bárbara Recarte, quien ha sido mi compañera en esta travesía, le agradezco cada palabra de aliento y el impulso constante para superarme. A los Srs. David Maldonado y Rommel Hernández, les agradezco el apoyo y los consejos que me brindaron en este recorrido universitario.

Por último, agradezco a todos mis profesores y mentores que me guiaron en este camino.

Este logro no habría sido posible sin cada uno de ustedes."

-Sebastián Perdomo Zavala

EPÍGRAFE

*"NUNCA TE RINDAS, PORQUE NUNCA SABES SI EL PRÓXIMO INTENTO SERÁ EL QUE
FUNCIONE."*

- MARY KAY ASH

RESUMEN EJECUTIVO

La necesidad de mantener altos estándares de higiene en dispositivos médicos se ha visto desafiada por la corrosión del acero inoxidable AISI 304, utilizado globalmente en hospitales y clínicas. Para prevenir infecciones, se ha requerido desinfección rigurosa con desinfectantes de alto contenido de cloro. El acero inoxidable AISI 304 un material conocido por su resistencia a la corrosión en condiciones normales se ha visto amenazado por la exposición repetida al cloro. Esto no ha sido solo un problema estético, sino que también ha afectado la seguridad y eficacia de los procedimientos médicos, con costos significativos para las instituciones de salud y riesgos para los pacientes en un entorno donde la precisión y la confiabilidad han sido fundamentales. Para el desarrollo de este estudio se han sumergido dos metales (hierro y acero inoxidable AISI 304) en un recipiente con una alta dosis de cloro al 90%. Además, se han introducido parcialmente en distintas celdas electroquímicas con concentraciones de cloro de 12%, 70%, y 90% seis muestras de aleación AISI 304 (tijera y niple) con el objetivo de registrar el proceso corrosivo en un entorno similar al que podría estar expuesto. Se han registrado mediciones de voltaje, resistencia, pH y ORP con las cuales se han realizado comparaciones entre los datos obtenidos. Además, se ha efectuado un análisis visual de la apariencia de los metales. Los datos registrados han corroborado el impacto negativo que ha generado el contacto frecuente del hipoclorito de sodio en los metales. Estos resultados han tenido implicaciones importantes para la selección de materiales en aplicaciones médicas, así como para la formulación de protocolos de limpieza y desinfección que han minimizado el riesgo de corrosión en equipos médicos de acero inoxidable AISI 304 y otros metales similares.

Palabras clave: Desinfección, desinfectantes, cloro, celdas electroquímicas, hipoclorito de sodio

ABSTRACT

The necessity of maintain high standards of hygiene in medical devices is challenged by the corrosion of AISI 304 stainless steel, globally used in hospitals and clinics. To prevent infections, rigorous disinfection with high chlorine content disinfectants has been required. AISI 304 stainless steel, a material known for its resistance to corrosion under normal conditions, has been threatened by repeated exposure to chlorine. This has not only been an aesthetic problem but has also affected the safety and efficacy of medical procedures, with significant costs to healthcare institutions and risks to patients in an environment where accuracy and reliability have been paramount. For the development of this study, two metals (iron and AISI 304 stainless steel) have been immersed in a container with a high dose of 90% chlorine. In addition, six AISI 304 alloy samples (scissors and nipple) have been partially introduced in different electrochemical cells with chlorine concentrations of 12%, 70%, and 90% in order to document the corrosive process in a similar environment to the one to which they could have been exposed. Voltage, resistance, pH, and ORP measurements have been captured; comparisons have been made between the data obtained. In addition, a visual analysis of the appearance of the metals has been carried out. The data recorded have corroborated the negative impact of frequent contact with sodium hypochlorite on metals. These results have had important implications for the selection of materials in medical applications, as well as for the formulation of cleaning and disinfection protocols that can minimized the risk of corrosion in medical equipment made of AISI 304 stainless steel and other similar metals.

Key words: Disinfection, disinfectants, chlorine, electrochemical cells, sodium hypochlorite

LISTA DE SIGLAS

AISI	American Iron and Steel Institute
Cl	Símbolo químico del elemento cloro
Fe	Símbolo químico del elemento hierro
Na	Símbolo químico del elemento sodio
NaClO	Fórmula química del hipoclorito de sodio
O	Símbolo químico del elemento oxígeno
ORP	Potencial Oxidación-Reducción
PCA	Potencial de Circuito Abierto
Ti	Titanio

GLOSARIO

- **Austeníticos:** Son aceros inoxidable no magnéticos que contienen altos niveles de cromo y níquel y bajos niveles de carbono. Conocidos por su conformabilidad y resistencia a la corrosión, los aceros austeníticos son el grado de acero inoxidable más utilizado (AINOX SAS, 2016).
- **Catalizar:** Produce la catálisis o modificación de la velocidad de reacción química en un cuerpo (Gran Diccionario de la Lengua Española, 2022).
- **Corrosión:** Es el desgaste o la alteración de un metal o una aleación, ya sea por ataque químico directo o por una reacción electroquímica (Sueiro, 2023).
- **Ferríticos:** Son aceros fabricados con 12% a 27% de cromo, con el carbono controlado al más bajo porcentaje práctico, para disminuir su efecto nocivo en la resistencia a la corrosión. Estos aceros inoxidable contienen poco o nada níquel (ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS – Valbruna México, 2023).
- **Hipoclorito de sodio:** Es un compuesto químico inorgánico que se obtiene saturando el cloro con una solución acuosa de hidróxido de sodio. Este compuesto en estado libre es muy inestable, generalmente se usa en forma de solución acuosa (PCC Rokita SA, 2023).
- **Martensíticos:** Aceros que contienen cromo, entre el 10,5 y el 18, y de carbono hasta 1,2%. Son magnéticos. Tienen una moderada resistencia a la corrosión. Entre sus aptitudes destacan que son endurecibles por tratamiento térmico, lo cual permite que tengan buena resistencia mecánica y dureza (CONECBAND, 2017).

- Proceso electroquímico: Son reacciones redox en las cuales la energía liberada por una reacción espontánea se convierte en electricidad o la energía eléctrica se aprovecha para provocar una reacción química no espontánea (IBERO, 2023).

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA.....	3
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
2.4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN GENERAL.....	5
2.4.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS	5
2.5 OBJETIVOS.....	6
2.5.1 OBJETIVO GENERAL:	6
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
III. ESTADO DEL ARTE	7
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	7
3.1.1 MACRO ENTORNO	7
3.1.1.1 Metales utilizados para la fabricación de equipos/mobiliario medico.....	7
3.1.1.2 Propiedades de un desinfectante ideal.....	8
3.1.1.3 Aleaciones de aluminio utilizadas en la fabricación de equipos/mobiliario	9
3.1.2 MICRO ENTORNO.....	10
3.1.2.1 Aleaciones de acero inoxidable utilizadas en la fabricación de equipos/mobiliario	10
3.2 CONCEPTUALIZACIÓN	10
3.2.1 LIMPIEZA.....	10
3.2.2 ESTERILIZACIÓN	10
3.2.3 DIFERENCIA ENTRE DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN.....	11

3.2.4 CLASIFICACIÓN DE SPAULDING	11
3.2.5 CLORO	11
3.2.6 TITANIO	13
3.2.7 PROTECCIÓN ANÓDICA.....	15
3.2.8 PROTECCIÓN CATÓDICA	15
3.2.9 CELDA ELECTROQUÍMICA.....	15
3.2.10 POLÍMEROS.....	15
3.2.10.1 Polipropileno (PP).....	16
3.2.10.2 Polietileno (PE).....	17
3.2.10.3 Copolímeros polares de etileno.....	18
3.3 TEORÍAS DE SUSTENTO	19
3.3.1 BASES TEÓRICAS.....	19
3.3.1.1 Historia del Acero inoxidable	19
3.3.1.2 Propiedades	20
3.3.1.3 Historia del Aluminio.....	20
3.3.1.4 Propiedades	21
3.3.1.5 Corrosión.....	21
3.3.1.6 Desinfección.....	22
3.3.1.7 Métodos de desinfección química	22
3.3.1.8 Factores que influyen en la respuesta del desinfectante.....	24
3.3.1.9 Potencial de circuito abierto (PCA)	25
3.3.1.10 Ley de ohm	25
3.3.2 METODOLOGÍAS APLICADAS POR OTROS INVESTIGADORES	26

3.3.2.1 Comparación de metodologías.....	30
3.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	31
3.3.3.1 Área de muestreo	31
3.3.3.2 Proceso de muestreo.....	31
3.3.3.3 Degradación oxidativa	31
3.4 MARCO LEGAL.....	33
IV. METODOLOGÍA	35
4.1 ENFOQUE.....	35
4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	35
4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	36
4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	36
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	38
4.3.3 MEDICIÓN DEL PH	38
4.3.4 PRUEBAS DE ORP.....	38
4.3.5 EXPERIMENTOS DE CORROSIÓN	38
4.3.6 MINITAB	39
4.3.7 RESISTENCIA DE POLARIZACIÓN	39
4.3.8 POTENCIAL DE CORROSIÓN EN CIRCUITO ABIERTO.....	39
4.3.9 CELDA ELECTROQUÍMICA.....	39
4.4 MATERIALES.....	40
4.4.1 ACERO INOXIDABLE AISI 304 (NIPLE Y TIJERA).....	40
4.4.2 CLORO LÍQUIDO 12%.....	41
4.4.3 CLORO GRANULADO 70%	41

4.4.4 CLORO GRANULADO 90%	42
4.4.5 RECIPIENTES CILÍNDRICOS DE VIDRIO.....	42
4.4.6 GUANTES DESECHABLES DE LÁTEX	43
4.4.7 AGUA.....	43
4.4.8 PH-METRO	44
4.4.9 BALANZA	44
4.4.10 MULTÍMETRO.....	45
4.4.11 HIERRO.....	45
4.4.12 CABINA DE EXTRACCIÓN DE GASES.....	45
4.4.13 AGITADOR MAGNÉTICO	46
4.4.14 CABLES CON PINZAS DE COCODRILO	46
4.4.15 LÁMINA DE ZINC.....	47
4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO	48
4.5.1 RECOPIACIÓN DE DATOS	48
4.5.1.1 Preparación de Muestras y Soluciones.....	48
4.5.1.2 Recopilación de Datos Iniciales	48
4.5.1.3 Exposición de Muestras.....	48
4.5.1.4 Registro Periódico	48
4.5.1.5 Recopilación de Datos Finales	49
4.5.2 ANÁLISIS DE DATOS	49
4.5.2.1 Registro de efectos a exposición al cloro.....	49
4.5.2.2 Uso de Software (Minitab).....	49
4.5.2.2 Interpretación.....	49

4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN	49
4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	51
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	54
5.1 POTENCIAL 12% TIJERA	57
5.2 RESISTENCIA 12% TIJERA.....	60
5.3 PH 12 % TIJERA.....	62
5.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 12%.....	65
5.5 POTENCIAL 12% NIPLE	67
5.6 RESISTENCIA 12% NIPLE	69
5.7 PH 12% NIPLE	71
5.8 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 12% NIPLE.....	73
5.9 12% TIJERA Y NIPLE	76
5.9.1 POTENCIAL	76
5.9.2 RESISTENCIA.....	77
5.9.3 PH	78
5.9.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP)	78
5.10 COMPARACIÓN RESISTENCIA/VOLTAJE.....	79
5.11 COMPARACIÓN PH/ORP	80
5.12 POTENCIAL 70% TIJERA.....	82
5.13 RESISTENCIA 70% TIJERA.....	84
5.14 PH 70% TIJERA.....	87
5.15 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 70% TIJERA	89
5.16 POTENCIAL 70% NIPLE	92

5.17 RESISTENCIA 70% NIPLE	94
5.18 PH 70% NIPLE	96
5.19 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 70% NIPLE	99
5.20 70% TIJERA Y NIPLE	101
5.20.1 POTENCIAL.....	101
5.20.2 RESISTENCIA	102
5.20.3 PH.....	103
5.20.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP).....	103
5.21 COMPARACIÓN RESISTENCIA/VOLTAJE	104
5.22 COMPARACIÓN PH/ORP	105
5.23 POTENCIAL 90% TIJERA	107
5.24 RESISTENCIA 90% TIJERA	109
5.25 PH 90% TIJERA	111
5.26 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 90% TIJERA	114
5.27 POTENCIAL 90% NIPLE	116
5.28 RESISTENCIA 90% NIPLE	118
5.29 PH 90% NIPLE	120
5.30 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 90% NIPLE	123
5.30 90% TIJERA Y NIPLE	125
5.30.1 POTENCIAL.....	125
5.30.2 RESISTENCIA	126
5.30.3 PH.....	127
5.30.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP).....	128

5.31 COMPARACIÓN RESISTENCIA/VOLTAJE.....	129
5.32 COMPARACIÓN PH/ORP	130
5.33 DESCRIPCIONES FÍSICAS DE LOS METALES.....	131
5.33.1 SOLUCIÓN CLORADA AL 12% TIJERA Y NIPLE	131
5.33.2 SOLUCIÓN CLORADA AL 70% TIJERA Y NIPLE	133
5.33.3 SOLUCIÓN CLORADA AL 90% TIJERA Y NIPLE	134
5.33.4 SOLUCIÓN CLORADA AL 90% ELEVADA DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304	136
5.33.5 SOLUCIÓN CLORADA AL 90% ELEVADA DEL HIERRO	137
5.34 CORROSIÓN EN EL AMBIENTE HOSPITALARIO	138
VI. CONCLUSIONES	139
VII. RECOMENDACIONES	142
VIII. APLICABILIDAD	143
IX. TRABAJO FUTURO	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
ANEXOS	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas y desventajas del uso de cloro como desinfectante.....	11
Tabla 2: Composiciones cloradas.....	12
Tabla 3: Fórmula para diluir una solución de hipoclorito para desinfección de ambiente y superficies	12
Tabla 4: Categorías de materiales de titanio	14
Tabla 5: Copolímeros polares de etileno comerciales	19

Tabla 6: Desinfectantes y su uso clínico	22
Tabla 7: Desinfectantes considerados agentes oxidantes y no oxidantes.....	24
Tabla 8: Ejemplos de desinfectantes.....	24
Tabla 9: Matriz de metodologías aplicadas por otros investigadores.....	26
Tabla 10: Matriz normativa.....	33
Tabla 11: Metodología	35
Tabla 12: Nombres químicos y formulas.....	50
Tabla 13: Cronograma de actividades.....	51
Tabla 14: Matriz metodológica	52
Tabla 15: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	58
Tabla 16: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	59
Tabla 17: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.	61
Tabla 18: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	62
Tabla 19: pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	64
Tabla 20: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	64
Tabla 21: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	66
Tabla 22: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	66
Tabla 23: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	68

Tabla 24: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	68
Tabla 25: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%. 70	
Tabla 26: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	70
Tabla 27: pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	72
Tabla 28: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	73
Tabla 29: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	75
Tabla 30: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	75
Tabla 31: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	83
Tabla 32: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	83
Tabla 33: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%. 85	
Tabla 34: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	86
Tabla 35: pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	88
Tabla 36: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	88
Tabla 37: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	90
Tabla 38: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	91

Tabla 39: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	93
Tabla 40: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	93
Tabla 41: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.	95
Tabla 42: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	96
Tabla 43: pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	97
Tabla 44: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	98
Tabla 45: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	100
Tabla 46: Análisis estadístico del potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	100
Tabla 47: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	107
Tabla 48: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	108
Tabla 49: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	110
Tabla 50: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	111
Tabla 51: pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	112
Tabla 52: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	113
Tabla 53: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	115

Tabla 54: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	115
Tabla 55: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	117
Tabla 56: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	118
Tabla 57: Resistencia del acero inoxidable (niple) inmerso en solución clorada al 90%	119
Tabla 58: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	120
Tabla 59: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%	122
Tabla 60: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	122
Tabla 61: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	124
Tabla 62: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%	125
Tabla 63: Matriz Bibliográfica	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Categorías de los plásticos	16
Ilustración 2: Estructura química PP	16
Ilustración 3: Categorías de PP	17
Ilustración 4: Estructura química PE	18
Ilustración 5: Evolución del PE.....	18

Ilustración 6: Factores influyentes en los desinfectantes.....	24
Ilustración 7: Diagrama de Variables de Investigación.....	36
Ilustración 8: Pieza de Acero Inoxidable AISI 304.....	40
Ilustración 9: Tijera de Acero Inoxidable AISI 304.....	40
Ilustración 10: Cloro Líquido al 12%.....	41
Ilustración 11: Cloro Granulado 70%.....	41
Ilustración 12: Cloro Granulado 90%.....	42
Ilustración 13: Recipientes Cilíndricos de Vidrio.....	42
Ilustración 14: Guantes desechables de látex.....	43
Ilustración 15: Agua.....	43
Ilustración 16: pH-metro.....	44
Ilustración 17: Balanza.....	44
Ilustración 18: Multímetro.....	45
Ilustración 19: Cabina de extracción de gases.....	46
Ilustración 20: Agitador magnético.....	46
Ilustración 21: Cable con pinzas de cocodrilo.....	47
Ilustración 22: Lámina de Zinc.....	47
Ilustración 23: Ecuación química.....	50
Ilustración 24: Medición de datos de la celda electroquímica.....	54
Ilustración 25: Medición de datos con pieza completamente sumergida.....	55
Ilustración 26: Voltaje de corrosión.....	56
Ilustración 27: Resistencia de corrosión.....	56
Ilustración 28: Rango de pH.....	57

Ilustración 29: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	58
Ilustración 30: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	59
Ilustración 31: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	60
Ilustración 32: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	62
Ilustración 33: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	63
Ilustración 34: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	64
Ilustración 35: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	65
Ilustración 36: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	67
Ilustración 37: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	67
Ilustración 38: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	69
Ilustración 39: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	69
Ilustración 40: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	71
Ilustración 41: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	71

Ilustración 42: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	73
Ilustración 43: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	74
Ilustración 44: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	76
Ilustración 45: Comparación del comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	77
Ilustración 46: Comparación del comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	77
Ilustración 47: Comparación del comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	78
Ilustración 48: Comparación del comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	79
Ilustración 49: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	80
Ilustración 50: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	80
Ilustración 51: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%.....	81
Ilustración 52: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.....	81
Ilustración 53: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	82
Ilustración 54: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	84

Ilustración 55: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	85
Ilustración 56: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%	86
Ilustración 57: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	87
Ilustración 58: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero AISI 304 inoxidable (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	89
Ilustración 59: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	90
Ilustración 60: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	91
Ilustración 61: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	92
Ilustración 62: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	94
Ilustración 63: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	94
Ilustración 64: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%	96
Ilustración 65: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	97
Ilustración 66: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%	98
Ilustración 67: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%	99

Ilustración 68: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	101
Ilustración 69: Comparación del comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	102
Ilustración 70: Comparación del comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%	102
Ilustración 71: Comparación del comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	103
Ilustración 72: Comparación del comportamiento de la Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	104
Ilustración 73: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%	105
Ilustración 74: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	105
Ilustración 75: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%.....	106
Ilustración 76: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%.....	106
Ilustración 77: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	107
Ilustración 78: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%	109
Ilustración 79: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	109
Ilustración 80: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%	111

Ilustración 81: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	112
Ilustración 82: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	113
Ilustración 83: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	114
Ilustración 84: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	116
Ilustración 85: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	117
Ilustración 86: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	118
Ilustración 87: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	119
Ilustración 88: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%	120
Ilustración 89: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	121
Ilustración 90: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%	123
Ilustración 91: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	124
Ilustración 92: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	125
Ilustración 93: Comparación del comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	126

Ilustración 94: Comparación del comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%	127
Ilustración 95: Comparación del comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	128
Ilustración 96: Comparación del comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	128
Ilustración 97: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%	129
Ilustración 98: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	130
Ilustración 99: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%.....	131
Ilustración 100: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%.....	131
Ilustración 101: Tijera sumergida en solución de cloro al 12% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha).	132
Ilustración 102: Niple sumergida en solución de cloro al 12% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha).	133
Ilustración 103: Tijera sumergida en solución de cloro al 70% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha).	134
Ilustración 104: Niple sumergida en solución de cloro al 70% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha).	134
Ilustración 105: Tijera sumergida en solución de cloro al 90% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha).	135
Ilustración 106: Niple sumergida en solución de cloro al 90% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha).	136
Ilustración 107: Niple sumergida en solución de cloro al 90% elevado.....	137
Ilustración 108: Pieza de hierro sumergida en solución de cloro al 90% elevado	138

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación representativa del fenómeno de corrosión.....	49
Ecuación 2: Ecuación balanceada.....	50

ANEXOS

Anexo 1: Medición día 2 y tijera extraída de la solución de cloro al 12%.....	150
Anexo 2: Medición día 2 y niple extraído de la solución de cloro al 12%.....	150
Anexo 3: Medición día 2 y tijera extraída de solución de cloro al 70%.....	151
Anexo 4: Medición día 2 y niple extraído de solución de cloro al 70%.....	151
Anexo 5: Medición día 2 y niple extraído de solución con cloro al 90%.....	152
Anexo 6: Medición día 2 y niple extraído de solución con cloro al 90%.....	152
Anexo 7: Medición día 2 y niple extraído de solución con cloro de 90% elevada.....	153
Anexo 8: Medición día 2 y hierro extraído de solución con cloro al 90% elevada.....	153
Anexo 9: Mesa de clínica en Honduras, material: acero inoxidable 304.....	154
Anexo 10: Mesa de clínica en Honduras, material: acero inoxidable 304.....	154
Anexo 11: Tabla Matriz Bibliográfica.....	155

I. INTRODUCCIÓN

La búsqueda constante de estándares elevados con relación a la higiene y desinfección, se enfrentan a un gran desafío tal como la corrosión del acero inoxidable AISI 304. Este material es ampliamente utilizado para la fabricación de dispositivos médicos y utensilios clínicos que son utilizados por hospitales y clínicas médicas a nivel mundial (Abdulkadir, 2019) , estos se ven en la necesidad de mantener sus equipos y utensilios descontaminados, en busca de prolongar su vida útil y evitar la propagación de bacterias. Para ello es fundamental que sigan protocolos de limpieza adecuados. En vista de lo anterior se ven en la necesidad de utilizar desinfectantes que a menudo contienen concentraciones altas de cloro, sin embargo este químico, a pesar de su eficacia en la eliminación de patógenos, ha demostrado tener consecuencias significativas en el acero inoxidable AISI 304, tales como manchar o corroer las superficies del acero inoxidable AISI 304, dañando su apariencia y resistencia (FUKUZAKI, 2006), a pesar de ser este un material conocido por su durabilidad y resistencia a la corrosión en condiciones normales, sin embargo se ve amenazado por la exposición continua o recurrente al cloro.

La consecuencia de esta corrosión no es meramente estética; es una cuestión que afecta profundamente la eficacia y seguridad de los procedimientos médicos. La reducción de la vida útil de los equipos médicos debido a la corrosión conlleva costos significativos para las instituciones de salud y, lo que es más importante, puede tener un impacto directo en la seguridad del paciente. En un entorno donde la precisión y la confiabilidad son esenciales, cualquier deterioro de los dispositivos médicos puede tener consecuencias graves.

El objetivo principal de este trabajo es el de analizar el comportamiento los metales durante su exposición a distintas concentraciones de Hipoclorito de Sodio (NaClO) que catalicen el proceso electroquímico de la corrosión, para lo cual se ejecutaron pruebas utilizando hierro (Fe) y acero inoxidable AISI 304, enfocando en este ultimo la problemática que se propone abordar sobre el efecto del cloro.

La presente investigación representará una gran importancia, ya que no solo abordará un problema técnico, sino que también tiene implicaciones directas en la atención médica y en la seguridad de los pacientes. La protección de la inversión en equipos médicos y la garantía de un entorno clínico seguro y efectivo son cuestiones cruciales que dependen en gran medida de la

integridad del acero inoxidable en un contexto donde la higiene y la desinfección son imperativos. Además, esta investigación contribuirá al avance del conocimiento en este campo, proporcionando una base sólida para la gestión de activos hospitalarios.

Este documento se estructura en diversas secciones que describen el desarrollo del trabajo de la siguiente manera: En la Sección II, se aborda la problemática del empleo del cloro en la desinfección de dispositivos médicos en entornos hospitalarios; la Sección III comprende una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con desinfectantes, incluyendo el cloro en sus distintas formas, así como los materiales prevalentes en la fabricación de equipos médicos. En la Sección IV se detallan las metodologías utilizadas en la ejecución del proyecto, mientras que en la Sección V se presentan los resultados y su análisis correspondiente. Las conclusiones obtenidas se plasman en la Sección VI, seguidas de las recomendaciones en la Sección VII. La aplicabilidad de los hallazgos en el contexto explorado se examina en la Sección VIII, y finalmente, en la Sección IX, se proponen perspectivas para futuras investigaciones.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo, se establecieron los diferentes tópicos que fueron considerados en el transcurso de esta investigación, tales como: Precedentes del Problema, definición del problema, justificación, preguntas de investigación que han guiado este estudio, y los objetivos que se esperan lograr, a continuación, se detalla cada uno de estos.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

En el contexto hospitalario, un entorno en el que se da una importancia fundamental a la desinfección rigurosa para garantizar tanto la salud de los pacientes como la del personal médico, se observó que los productos químicos desinfectantes comúnmente empleados incorporan ciertas concentraciones de hipoclorito de sodio (NaClO). Esto debido a que este químico es un agente altamente eficaz en la eliminación de patógenos y la prevención de infecciones cruzadas. No obstante, a lo anterior estos desinfectantes que contienen altas concentraciones del Hipoclorito de Sodio, causan efectos perjudiciales hacia el Acero Inoxidable AISI 304, material ampliamente utilizado en la fabricación de utensilios y equipos médicos.

El acero inoxidable AISI 304, es un tipo de acero que es seleccionado en gran medida para la fabricación de equipos y utensilios médicos, debido a su probada resistencia y durabilidad (Nakano, 2019). No obstante, la exposición continua al cloro en ese entorno específico planteaba un desafío crítico, ya que existe una alta probabilidad de corrosión en materiales metálicos utilizados en equipos médicos debido a esta exposición frecuente al cloro, como señalo Aranke et al. (2021). La corrosión no solo reduce significativamente la vida útil de estos dispositivos médicos, sino que también tiene un impacto negativo en su rendimiento, añadiendo costos considerables a las instalaciones hospitalarias, por lo tanto, es de suma importancia entender y abordar este problema de manera efectiva para mantener los estándares de calidad y seguridad en el ámbito hospitalario.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El entorno hospitalario se encuentra sujeto a rigurosos protocolos de desinfección, que a menudo implicaba el uso de desinfectantes que contenían distintas concentraciones de cloro. No obstante, se observó que la exposición a NaClO podía desencadenar de manera considerable el proceso corrosivo en materiales tales como el hierro y el acero inoxidable AISI 304 (FUKUZAKI, 2006), este último reconocido por su alta durabilidad y amplio uso en la manufactura de utensilios hospitalarios. La presencia de desinfectantes con diversas concentraciones de cloro representó una amenaza significativa para la vida útil de equipos y suministros médicos, los cuales generaban y siguen generando costos elevados para los hospitales, dado la inevitable corrosión de los equipos y utensilios médicos por el uso del cloro como desinfectante del instrumental hospitalario.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Considerando que la corrosión es el proceso de deterioro de materiales metálicos que ocurre cuando se ponen en contacto con gases o fluidos ambientales, afectando la estructura química del metal y que a su vez este se convierte en un daño irreversible para los equipos y utensilios médicos, ya que el acero así como el hierro son de los materiales con mayor grado de corrosión, según datos estadísticos a causa de esto se pierde cerca del 10% de todo el metal ferroso producido (webmaster, 2022).

Basado en lo anterior, la corrosión en el contexto de equipos y herramientas médicas, representa una inminente preocupación para el sector hospitalario, en términos de seguridad, funcionalidad y el incremento en los costos, considerando que en el ámbito médico, la integridad y limpieza de los instrumentos se ha convertido en una necesidad vital solo para prevenir efectos graves en la salud tanto del personal médico como de pacientes en la manipulación de los equipos, así como para la reducción de costos por el deterioro del equipo médico.- Es por ello que la esterilización y limpieza del equipo médico se convirtió en un factor fundamental en este proceso, lo que conlleva entonces a buscar nuevas alternativas de químicos que puedan ser utilizado para la limpieza de equipos que reduzcan los niveles de exposición a la corrosión de los equipos, evitando así comprometer la eficiencia de estas herramientas.

Honduras, al igual que muchos otros países, recurre a agentes basados en cloro para desinfectar y esterilizar equipos, aprovechando su eficacia en la eliminación de microorganismos y bacterias (Anexo 9-10). Sin embargo, el efecto corrosivo del cloro en ciertos metales, como el acero inoxidable AISI 304, que se utiliza extensamente en equipos médicos y el hierro. Según Rutala & Weber (2015), existe una amplia variedad de productos comerciales utilizados en el hogar y en instalaciones de atención médica que contienen entre un 1% y un 15% de hipoclorito de sodio. Por lo tanto, es relevante tener en cuenta que, según Compendium of Chemical Hazards (2019), los blanqueadores con una concentración de hipoclorito de sodio superior al 10% se consideraron corrosivos.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN GENERAL

- ¿Cuáles son las diferencias notables en el comportamiento de corrosión entre el acero inoxidable AISI 304 y el hierro cuando se exponen a concentraciones de NaClO, y cómo estas diferencias pueden influir en la selección de materiales para aplicaciones médicas?

2.4.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS

- a) ¿Cuáles son los efectos de degradación electroquímica de la exposición a soluciones cloradas y no cloradas en los metales, según la literatura científica registrada en bases de datos?
- b) ¿Cuáles son las técnicas de análisis más apropiadas para evaluar de manera precisa los efectos del proceso electroquímico corrosivo del cloro en el hierro y el acero inoxidable AISI 304?
- c) c) ¿Cómo se relacionan los cambios en la resistencia eléctrica y los niveles de voltaje con el proceso de desgaste electroquímico?
- d) d) ¿Existen correlaciones entre la variación del pH, el ORP y la concentración de cloro en las soluciones con respecto al proceso electroquímico corrosivo del acero inoxidable 304?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL:

- Estudiar el comportamiento del acero inoxidable AISI 304 y del hierro (Fe) durante su exposición a distintas concentraciones de NaClO que catalicen el proceso electroquímico de la corrosión.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Ejecutar una revisión retrospectiva de la literatura científica, indizada en bases de datos, relacionada con el proceso de desgaste electroquímico de acero inoxidable AISI 304 y hierro en exposición a soluciones cloradas y no cloradas.
- b) Establecer una configuración adecuada de técnicas metodológicas que permitan estudiar los efectos del proceso electroquímico corrosivo del cloro en el hierro y acero inoxidable AISI 304.
- c) Registrar la resistencia eléctrica y los niveles de voltaje de dos muestras de acero inoxidable AISI 304 expuestas a soluciones cloradas con concentraciones del 12%, 70% y 90%.
- d) Analizar los datos obtenidos de todas las mediciones instrumentales para la variación del pH y el Potencial de Reducción de Oxidación (ORP) en las soluciones cloradas elegidas en exposición parcial y total.

III. ESTADO DEL ARTE

En la siguiente sección de la investigación se llevará a cabo una revisión bibliográfica detallada con el propósito de brindar una base teórica para el proyecto. Se iniciará con un análisis sobre la situación actual de los metales utilizados en la fabricación de equipos médicos, las propiedades de un desinfectante ideal y las respectivas aleaciones utilizadas en la misma elaboración de los equipos médicos y mobiliario del hospital. Se expondrán de manera precisa la información sobre los metales y las propiedades de un desinfectante eficaz. También se expondrán las respectivas aleaciones del acero inoxidable y del aluminio, que son idóneas para la fabricación de dispositivos médicos. Se prosigue con una conceptualización de los términos claves para una mejor comprensión del tema. Para finalizar están las teorías de sustento, que contienen las bases teóricas que darán una explicación más detallada de algunos conceptos fundamentales.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se llevará a cabo un análisis general sobre los metales utilizados en la fabricación de los dispositivos médicos y mobiliario del hospital, al igual que, de las propiedades de un desinfectante ideal. También, se expondrá de manera más detallada sobre las aleaciones de acero y de aluminio que son utilizadas en la fabricación de los equipos médicos y del mobiliario.

3.1.1 MACRO ENTORNO

3.1.1.1 *Metales utilizados para la fabricación de equipos/mobiliario medico*

Los metales desempeñan un papel fundamental en la fabricación de los diferentes equipos médicos y mobiliario que son encontrados dentro de las salas de los hospitales. Estos proporcionan características y propiedades clave que aseguran su funcionalidad y seguridad. (Nakano, 2019) expone que, el uso de metales como materias primas tiene una larga historia, y puede decirse que la ciencia y la ingeniería de materiales se han basado en la investigación sobre metales. Sin embargo, a veces se piensa en los metales como "materiales desfavorables" para los biomateriales porque se recuerda el daño medioambiental y humano que causan los metales pesados. Pero dado que es vital mejorar la seguridad de los metales para uso médico, se han hecho grandes esfuerzos para mejorar la resistencia a la corrosión y la durabilidad mecánica.

Es importante destacar, que los metales cuentan con una serie de propiedades físicas y mecánicas que son primordiales en diferentes aplicaciones, entre ellas la fabricación de equipos médicos y mobiliario.

Según Fazel-Rezai (2011), un criterio importante en la selección de metales es la consideración de sus propiedades físicas, como la densidad, el punto de fusión, el calor específico, la conductividad térmica, la dilatación térmica y la corrosión. La densidad de un metal desempeña un papel importante en la resistencia y la rigidez específicas, que son la relación resistencia-peso y rigidez-peso, respectivamente. Para muchas aplicaciones, una de las consideraciones más importantes es su deterioro por corrosión. La corrosión del metal depende de su composición y de los medios corrosivos del entorno. La forma más común y sencilla de prevenirla es la selección cuidadosa de los metales una vez caracterizada el entorno de corrosión. Los metales más utilizados en la fabricación de equipos, dispositivos o mobiliario médico están el acero inoxidable, aluminio y el titanio por su alta resistencia al deterioro.

3.1.1.2 Propiedades de un desinfectante ideal

Un desinfectante ideal debe poseer diferentes propiedades que aseguren su efectividad y la seguridad en diferentes entornos (Rutala & Weber, 2014). Las enumera de esta forma:

1. **Amplio espectro:** Deben tener un amplio espectro antimicrobiano, incluidas las declaraciones de eliminación de los patógenos que son las causas comunes de las IRAS y los brotes (Rutala & Weber, 2014).
2. **Acción rápida:** Debe tener una muerte rápida y un corto tiempo de muerte/contacto indicado en la etiqueta (Rutala & Weber, 2014).
3. **Permanece húmedo:** Debe mantener las superficies húmedas el tiempo suficiente para cumplir con los tiempos de eliminación/contacto indicados con una sola aplicación o cumplir con los tiempos de humectación recomendados por las directrices basadas en la evidencia (Rutala & Weber, 2014).
4. **No se ve afectado por factores ambientales:** Debe ser activo en presencia de materia orgánica (por ejemplo, sangre, esputo, heces) y compatible con jabones, detergentes y otros productos químicos encontrados en el uso (Rutala & Weber, 2014).

5. No tóxico: No debe ser irritante para el usuario, los visitantes y los pacientes. No debe provocar síntomas alérgicos (especialmente asma y dermatitis). Los grados de toxicidad de los desinfectantes son peligro, advertencia, precaución y ninguno. Lo ideal es elegir productos con el índice de toxicidad más bajo (Rutala & Weber, 2014).
6. Compatibilidad con superficies: Debe demostrarse su compatibilidad con las superficies y equipos sanitarios habituales (Rutala & Weber, 2014).
7. Persistencia: Debe tener una actividad antimicrobiana sostenida o un efecto antimicrobiano residual en la superficie tratada (Rutala & Weber, 2014).
8. Facilidad de uso: Deben estar disponibles en múltiples formas, como toallitas (grandes y pequeñas), aerosoles, tapones y recambios. Las Instrucciones de uso deben ser sencillas y contener información sobre el equipo de protección personal necesario (Rutala & Weber, 2014).
9. Olor aceptable: Debe tener un olor considerado aceptable por los usuarios y los pacientes (Rutala & Weber, 2014).
10. Económico: Los costes no deben ser prohibitivos, pero al considerar los costes de un desinfectante también hay que tener en cuenta las capacidades del producto, el coste por uso conforme, etc. (Rutala & Weber, 2014).
11. Solubilidad: Debe ser soluble en agua (Rutala & Weber, 2014).
12. Estabilidad: Debe ser estable en concentrado y dilución de uso (Rutala & Weber, 2014).
13. Limpiador: Debe tener buenas propiedades de limpieza (Rutala & Weber, 2014).
14. No inflamable: Debe tener un punto de inflamación superior a 150F (Rutala & Weber, 2014).

3.1.1.3 Aleaciones de aluminio utilizadas en la fabricación de equipos/mobiliario

Se utilizan algunas aleaciones de aluminio para la fabricación de diferentes equipos, dispositivos y mobiliario médico. Entre ellas esta una de las más usadas, la 6061. Esta aleación cuenta con propiedades específicas que la hacen muy versátil. También posee una buena combinación de resistencia, maquinabilidad y resistencia a la corrosión. Actualmente es utilizado en camillas, carros médicos y otros componentes (Zaid et al., 2008).

3.1.2 MICRO ENTORNO

3.1.2.1 Aleaciones de acero inoxidable utilizadas en la fabricación de equipos/mobiliario

En la fabricación de los diferentes equipos, dispositivos y mobiliario medico son utilizados diversas aleaciones de acero inoxidable. Estas aleaciones ofrecen diferentes propiedades específicas. Según Nakano (2019), los aceros inoxidables se clasifican básicamente en ferríticos (sistema Fe-Cr), martensíticos (sistema Fe-Cr) y austeníticos (sistema Fe-Cr-Ni), según su fase cristalina. Los aceros inoxidables de tipo austeníticos tienen una excelente resistencia a la corrosión, pero no tienen una gran resistencia. Por lo tanto, los aceros inoxidables austeníticos se refuerzan mediante trabajo y tratamiento térmico y se endurecen con adición de N.

Los aceros inoxidables se utilizan para equipos e instrumentos de tratamiento y funcionamiento. El acero inoxidable de tipo AISI 304 se utiliza para equipos médicos como escalpelos, fórceps, pinzas dentales, etc. El acero inoxidable tipo AISI 630 se utiliza para grapadoras de sutura.

3.2 CONCEPTUALIZACIÓN

3.2.1 LIMPIEZA

La limpieza implica eliminar tanto la materia orgánica como inorgánica de objetos y superficies mediante métodos manuales o mecánicos que utilizan detergentes o productos enzimáticos. Antes de realizar la desinfección y esterilización de alto nivel, es esencial realizar una limpieza detalladamente, ya que la presencia de estas sustancias en las superficies de los instrumentos puede afectar la eficacia de los procesos que se realizan con estas. La limpieza tiene como objetivo eliminar los agentes infecciosos presentes en los objetos, lo que garantiza que sean seguros para manipular, utilizar o desechar (Yoo, 2018).

3.2.2 Esterilización

La esterilización es un proceso que garantiza la eliminación total de todas las formas de vida microbiana, incluyendo las esporas bacterianas. En instalaciones de atención médica, este objetivo se puede lograr por medio de métodos físicos o químicos (Abdulkadir, 2019).

3.2.3 Diferencia entre desinfección y esterilización

El enfoque de la desinfección tanto como la esterilización tiene como objetivo eliminar patógenos. La diferencia clave entre ambas técnicas se basa en las endosporas. Si al terminar el proceso se eliminan los patógenos, pero se dejan las endosporas, se considera una desinfección; en cambio, si se destruyen por completo tanto las endosporas como los patógenos, se considera una esterilización (Yoo, 2018).

3.2.4 Clasificación de Spaulding

Se considera una es una estrategia en la que se clasifican los dispositivos médicos en categorías críticas, semicríticas o no críticas según el riesgo de seguridad para el paciente debido a la contaminación que tiene el dispositivo. Además, establece tres niveles de actividad germicida (esterilización, desinfección de alto nivel y desinfección de bajo nivel) para las estrategias aplicadas a cada una de las tres categorías de dispositivos médicos (Rutala & Weber, 2008).

3.2.5 CLORO

Aranke et al. (2021) menciona que el cloro también conocido como lejía, es ampliamente utilizado para desinfectar superficies como ropa y equipos médicos debido a su acción germicida contra bacterias y virus. También es eficaz contra ciertos hongos, aunque menos efectivo contra bacterias que forman esporas. Se ha utilizado con éxito en combinación con luz ultravioleta para descontaminar habitaciones de hospital y ha demostrado eliminar biopelículas formadas por ciertas bacterias. Este se encuentra en distintas composiciones (Tabla 2) Sin embargo, es importante tomar precauciones de seguridad al usarlo, ya que esta sustancia tiene distintas ventajas y desventajas al ser utilizado en entornos hospitalarios (Tabla 1).

Tabla 1: Ventajas y desventajas del uso de cloro como desinfectante

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Amplio espectro antimicrobiano• Acción bactericida rápida• Persistencia razonable en agua potable tratada• Solubilidad en agua• Facilidad de uso• Estabilidad relativa en soluciones concentradas y diluidas• Relativamente no tóxico para los humanos en concentraciones adecuadas de uso	<ul style="list-style-type: none">• Irritación de las membranas mucosas• Evolución de gas tóxico cuando se mezcla con ácido• Olor al usarse en soluciones concentradas• Eficacia disminuida en presencia de cargas orgánicas• Efectos perjudiciales en algunos metales• Alta tensión superficial.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Incoloro • No inflamable • Bajo costo 	

Fuente: (FUKUZAKI, 2006)

Tabla 2: Composiciones cloradas

Composiciones cloradas	
Soluciones de hipoclorito de sodio	<ul style="list-style-type: none"> • Estas sustancias son extensamente empleadas en la desinfección de superficies sólidas y son adecuadas para desinfectar derrames de sangre. • Normalmente se presenta como hipoclorito de sodio en el mercado, puede variar entre 2,5% y 8%
Cloramina T (cloramicina)	<ul style="list-style-type: none"> • Contiene 25% de cloro disponible
Dióxido de cloro	<ul style="list-style-type: none"> • El desinfectante se encuentra en un estado protegido cuando está en soluciones acuosas. • Al añadir ácido hasta alcanzar una concentración requerida, se activa el desinfectante.
Dicloroisocianurato de sodio (NaDCC)	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta en forma de pastillas (2-5 g) o gránulos (99-100%). • Se emplea como desinfectante de uso hospitalario.

Elaboración propia, Fuente: (Diomedi et al., 2017)

Tabla 3: Fórmula para diluir una solución de hipoclorito para desinfección de ambiente y superficies

Solución comercial	Solución deseada	Formula	Resultado	Preparar
Solución de cloro concentrada al 0,5%	Solución de cloro diluida al 0,5% (5.000 ppm)	[0,5% / 0,5%]-1	9	Agregar 9 partes de agua a una solución de cloro al 5,0% (solución comercial)
Solución de cloro concentrada al 0,5%	Solución de cloro diluida al 0,1% (1.000 ppm)	[0,5% / 0,1%]-1	49	Agregar 49 partes de agua a una solución de cloro al 5,0% (solución comercial)
Solución de cloro concentrada al 5,5%	Solución de cloro diluida al 0,1% (1.000 ppm)	[5,5% / 0,1%]-1	54	Agregar 54 partes de agua a una solución de cloro

Solución comercial	Solución deseada	Formula	Resultado	Preparar
Solución de cloro concentrada al 6,0%	Cloro diluido al 0,1% (1.000 ppm)	[6% / 0.1%]-1	59	al 5,5% (solución comercial) Agregar 59 partes de agua a una solución de cloro al 6,0% (solución comercial)
Solución de cloro concentrada al 6,0%	Solución de cloro diluida al 0,5% (5.000 ppm)	[6% / 0.5%]-1	11	Agregar 11 partes de agua a una solución de cloro al 6,0% (solución comercial)

Fuente: (Diomedi et al., 2017)

3.2.6 TITANIO

El titanio es un metal de transición, que es encontrado en varios minerales, como el rutilo y la ilmenita, muy dispersos por la corteza terrestre (Balazic et al., 2007). Aunque el titanio es tan resistente a algunos aceros, su densidad es solo la mitad de la del acero. Se le considera un material usado en la ingeniería nuevo. Fue descubierto mucho más tarde que los demás metales de uso común, y su aplicación comercial a finales de la década de 1940, principalmente como material estructural.

Kulkarni et al. (2014) afirman que el titanio (Ti) y sus aleaciones se consideran como uno de los biomateriales más significativos, debido a su resistencia a los efectos de los fluidos corporales, gran resistencia a la tracción, flexibilidad y alta resistencia a la corrosión, y esta combinación específica de resistencia y biocompatibilidad los hace adecuados para aplicaciones médicas.

Durante los años se han desarrollado una variedad de aleaciones de titanio (Veiga et al., 2012). Las agrupan en tres categorías principales: aleaciones alpha, aleaciones beta y aleaciones Alpha + beta. Cada una cuenta con propiedades que dependen de la microestructura que, a su vez, depende de la composición química y del procesamiento termo mecánico. Debido a su elevada resistencia específica y a su excepcional resistencia a la corrosión, las aleaciones de titanio se han utilizado ampliamente en ingeniería, más específico en el campo de la biomédica.

La aleación Ti-6Al-4V es ampliamente utilizada en la fabricación de componentes biomédicos debido a su biocompatibilidad y la combinación favorable de propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión. Es especialmente popular en la creación de implantes dentales, componentes protésicos para la articulación femoral y diversos instrumentos quirúrgicos. Aunque la industria de las aleaciones de titanio parece estar bien establecida, se sigue experimentando con nuevas tecnologías y aplicaciones para estas aleaciones, lo que indica un crecimiento continuo en el campo biomédico y más allá.

El titanio puro presenta baja conductividad térmica, densidad y módulo elástico, así como una resistencia moderada. Sin embargo, exhibe una buena resistencia a la corrosión en diferentes ambientes. Además, muestra una alta reactividad con diversos elementos. El titanio se comercializa puro y en aleaciones. Según Veiga et al., (2012) las suelen dividirse en tres categorías: alfa, alfa-beta y beta (Tabla 4).

Tabla 4: Categorías de materiales de titanio

Categoría	Material			
	CP-Ti	CP-Ti	CP-Ti	CP-Ti
	CP-Ti	CP-Ti	CP-Ti	CP-Ti
	(0.2Fe, 0.18O)	(0.3Fe, 0.25O)	(0.3Fe, 0.35O)	(0.5Fe, 0.40O)
Aleación alpha	Ti-5Al-2.5Sn	Ti-3Al-2.5V	Ti-2Cu	Ti-0.3Mo-0.8Ni
Parecida aleación alpha	Ti-5Al-6Sn-2Zr-1Mo-0.2Si	Ti-2Al-2Sn-4Zr-2Mo	Ti-8Al-1Mo-1V	-
Aleación Alpha + beta	Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V ELI	Ti-6Al-4V-2Sn	Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo
Aleación beta	Ti-13V-11Cr-3Al	Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn	Ti-13V-11Cr-3Al	-
Parecida aleación beta	Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	Ti-8Mo-8V-2Fe-3A	Ti-10V-2Fe-3Al	Ti-8Mn
Ti-Aluminio	Ti-24Al-10Nb	Ti-25Al-17Nb-1Mo	Ti-22Al	-

Elaboración propia fuente: (Veig, Davim, & Loureiro, 2012)

Balazic et al. (2007) explica que el titanio comercialmente puro (CP-Ti) contiene titanio elemental, más cierta cantidad de impurezas como nitrógeno (N), hidrógeno (H), oxígeno (O) y hierro (Fe).

3.2.7 PROTECCIÓN ANÓDICA

Este se conoce como la reducción del potencial electroquímico del material que se desea proteger. Esto se logra mediante la introducción de una corriente externa, lo que hace que el material se vuelva más anódico. Este proceso induce al material a entrar en un estado de pasivación, formando una capa pasiva que actúa como protección. Manteniendo la corriente externa, la capa pasiva se regenera constantemente, evitando la degradación del material. (Salazar-Jiménez, 2015)

3.2.8 PROTECCIÓN CATÓDICA

Salazar-Jiménez (2015) menciona que la protección catódica consiste en alterar de manera controlada el potencial electroquímico del material que se busca proteger, de manera que este material adquiera un comportamiento similar al de un cátodo. Este proceso se utiliza principalmente en sistemas que se encuentran enterrados o sumergidos en agua salada, como el agua de mar. Existen dos métodos principales para lograr esto:

1. Mediante la aplicación de una corriente eléctrica.
2. Mediante el uso de un ánodo de sacrificio.

3.2.9 CELDA ELECTROQUÍMICA

Una celda electroquímica es un medio que transforma la energía química almacenada en reacciones químicas en energía eléctrica utilizable. Está compuesta por dos electrodos (ánodo y cátodo) sumergidos en una solución conductora conocida como electrolito, y estos electrodos están interconectados por un circuito eléctrico externo. En este proceso, una reacción química ocurre en uno de los electrodos, liberando electrones, mientras que en el otro electrodo, se aceptan los electrones en una reacción diferente (Kabir & Mahmud, 2010).

3.2.10 POLÍMEROS

A. Maddah (2016) afirma que los plásticos se agrupan en cuatro categorías principales (Ilustración 1). Estas se diferencian por las estructuras macromoleculares que establecen las propiedades físicas de cada material plástico. Los elastómeros y los termoestables presentan distintos niveles de elasticidad; tanto blanda como dura, las resinas de estos no pueden fundirse para ser recicladas. Por otro lado, se encuentran los termoplásticos estos se dividen en amorfos o

semicristalinos. Las resinas amorfas se forman por macromoléculas ordenadas, mientras que las resinas semicristalinas se caracterizan por tener macromoléculas casi ordenadas.

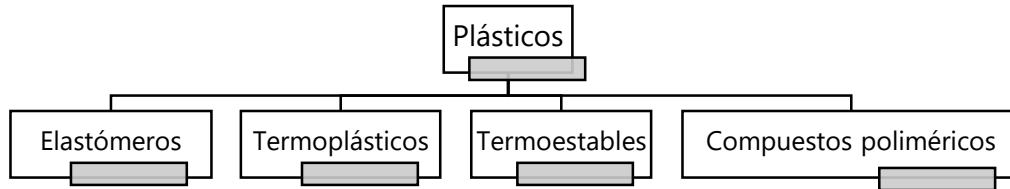


Ilustración 1: Categorías de los plásticos

Elaboración propia fuente: (A. Maddah, 2016)

3.2.10.1 Polipropileno (PP)

A. Maddah (2016) afirma que el polipropileno (PP) fue descubierto en 1954 y rápidamente ganó popularidad debido a su baja densidad en comparación con otros plásticos básicos. Fue hasta 1957 que comenzó su venta comercial. Tiene una excelente resistencia química y se puede procesar mediante métodos como la inyección y extrusión. Es un polímero preparado por medio de un catalizador a partir del propileno y su mayor ventaja está relacionada con su resistencia a la temperatura, lo que lo hace adecuado para la fabricación de artículos clínicos como bandejas, embudos, botellas y frascos que requieren esterilización frecuente para su uso en entornos clínicos.

El polipropileno (Ilustración 2) destaca por su alta resistencia química, esta se caracteriza por su excelente resistencia a ácidos, alcoholes y bases tanto diluidas como concentradas. Además, presenta una buena resistencia a aldehídos, ésteres e hidrocarburos alifáticos, halogenados y agentes oxidantes (A. Maddah, 2016).

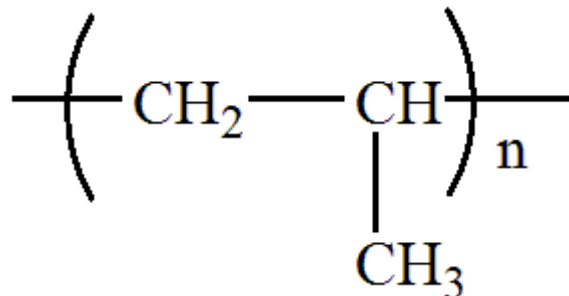


Ilustración 2: Estructura química PP

Fuente: Polipropileno (2023)

Es muy importante conocer que de la misma manera que el PP tiene distintas categorías (Ilustración 3) este se divide en distintos tipos.



Ilustración 3: Categorías de PP

Elaboración propia, fuente: (A. Maddah, 2016).

Tipos de PP:

1. Polipropileno: consiste únicamente en monómeros de propileno y adopta una estructura sólida semicristalina, conocida como homopolímero PP (A. Maddah, 2016).
2. Polipropileno: contiene etileno como co-monómero en las cadenas de PP en cantidades aproximadas del 1 al 8%. Esta se conoce como copolímero aleatorio (A. Maddah, 2016).
3. Polipropileno homopolímero: incorpora una fase RCP mezclada con un contenido de etileno que varía entre el 45% y 65% se conoce como copolímero de impacto (A. Maddah, 2016).

3.2.10.2 Polietileno (PE)

En 1933 se descubrió el PE (Ilustración 4). De manera accidental se descubrió el polietileno de baja densidad (LDPE) por Imperial Chemical Company (ICI) en 1933, mientras se realizaban investigaban reacciones de etileno a altas temperaturas y presione. Luego de ese descubrimiento el PE continuó evolucionando mediante los años avanzaban (Ilustración 5). El LDPE se produce actualmente utilizando una química en reactores autoclave o tubulares. La materia prima es el

etileno, un gas incoloro obtenido del craqueo de etano o nafta. Carl Ziegler desarrolló un nuevo sistema catalizador conocido como catalizador Ziegler-Natta (Z-N), permitiendo la producción de PE a temperaturas y presiones más bajas (Patel, 2016).

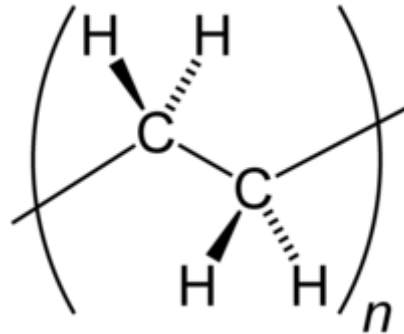


Ilustración 4: Estructura química PE

Fuente: (Polietileno, 2023)

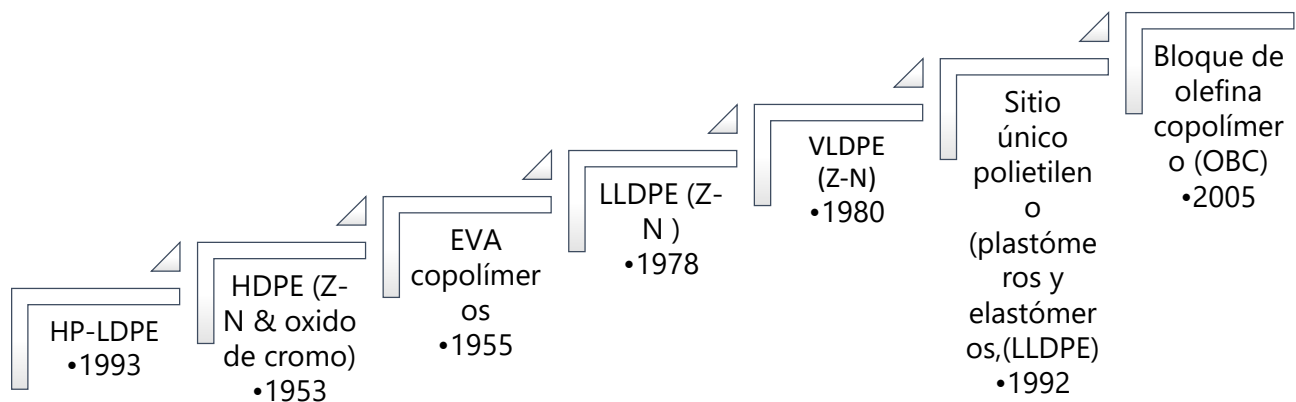


Ilustración 5: Evolución del PE

Elaboración propia, fuente: (Patel, 2016).

3.2.10.3 Copolímeros polares de etileno

Se encuentran distintos copolímeros polares de etileno que comercialmente significativos (Tabla 5). Entre estos el de mayor poder es EVA, este se produce por medio de un proceso similar al de LDPE (Patel, 2016).

Tabla 5: Copolímeros polares de etileno comerciales

Ethylene-vinyl acetate Ionomers	EVA ION
------------------------------------	------------

Elaboración propia, fuente: (Patel 2016).

3.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

3.3.1 BASES TEÓRICAS

A continuación, se mencionan ciertos fundamentos teóricos que se establecieron como base para el contenido de la investigación.

3.3.1.1 Historia del Acero inoxidable

El descubrimiento del acero inoxidable se remonta entre los años 1905-1906 en Francia, Quillet fue de las primeras personas en poder producir y explorar, de manera mecánica, los aceros inoxidables en composiciones conformadas por tres clases principales de aceros inoxidables que cuentan con tres clases principales: austeníticos, ferríticos y martensíticos. En los años siguientes, entre 1908 a 1910, se produjeron más investigaciones en Alemania, en donde se dio a conocer la inoxidabilidad con la que cuentan este tipo de aceros que es causada por la pasividad. Asimismo, se descubrió la importancia de que se tenga un mínimo del 11% de cromo y de bajo carbono (*manual acero inoxidable.indd*, 2010)

En el año 1913, el científico inglés Harry Brearley buscaba aleaciones de acero para cañones de pistolas. Descubrió accidentalmente una aleación con 0.24% de carbono y 12.8% de cromo que no se oxidó, lo que fue considerado el primer acero inoxidable. Sin embargo, debido a la Primera Guerra Mundial, su descubrimiento no se publicó inmediatamente. En el año 1916, se presentó oficialmente en el New York Times, pero Brearley encontró que Elwood Haynes ya había patentado el acero inoxidable antes que él. Otros científicos también trabajaron con aleaciones similares, lo que generó dudas sobre quién fue el verdadero descubridor. A pesar de esto, el descubrimiento de Brearley sigue siendo relevante y uno de los aceros inoxidables más utilizados en la industria actualmente. Desde entonces, la familia de los aceros inoxidables ha crecido significativamente, con diversos grados y aplicaciones (Alcívar, 2019).

3.3.1.2 Propiedades

El acero inoxidable cuenta con varias propiedades importantes que lo hacen uno de los metales más utilizados en el ámbito médico. De esta forma, Alcívar, (2019) menciona diferentes ventajas con las que cuenta el acero inoxidable, entre ellas:

- Resistencia a la corrosión: Los aceros que cuentan con una baja aleación son resistentes a la corrosión en condiciones atmosféricas, mientras que los aceros inoxidables de alta aleación tienen resistencia a la corrosión en la mayoría de los medios ácidos (Alcívar, 2019).
- Facilidad para la fabricación: Estos pueden ser soldados, forjados, cizallados y mecanizados (Alcívar, 2019).
- Propiedades higiénicas: Debido a que su limpieza es fácil, es muy utilizado en los hospitales, clínicas y centros de salud (Alcívar, 2019).
- Ciclo de trabajo: Tiene una alta duración y es una opción más económica, siempre considerando el tema del ciclo de vida (Alcívar, 2019).

3.3.1.3 Historia del Aluminio

El alumbre es un compuesto químico de sulfato doble de aluminio y un metal alcalino que se encuentra en la tierra. El aluminio fue descubierto en el siglo XIX debido a su reactividad y la estabilidad de sus compuestos. En 1825, Hans Christian Orsted obtuvo una pequeña cantidad de aluminio impuro mediante reducción de óxido de aluminio. En 1854, Henri Sainte-Claire Deville logró la primera producción industrial exitosa de aluminio utilizando sodio como agente reductor. Sin embargo, el aluminio seguía siendo costoso hasta el último cuarto del siglo XIX. En la Exposición Universal de París de 1855, el aluminio se presentó como un metal de prestigio. En 1886, Charles Martin Hall y Paul Héroult desarrollaron el proceso Hall-Héroult para producir aluminio puro a gran escala, lo que lo hizo más accesible. Posteriormente, Carl Joseph Bayer desarrolló un método para producir aluminio a partir de la bauxita, el mineral de aluminio más común. La producción moderna de aluminio sigue basándose en el proceso Bayer y el Hall-Héroult (Ashkenazi, 2019).

3.3.1.4 Propiedades

El aluminio cuenta con diversas propiedades que presentan ventajas en la fabricación de dispositivos, equipos y mobiliario médico. Ashkenazi (2019) Enumera algunas de estas propiedades:

- Ligereza: Es un metal ligero lo cual es ideal para dispositivos y equipos que requieran ser manejables (Ashkenazi, 2019).
- Resistente a la corrosión: Cuenta con una capa protectora de óxido en la superficie que protege de la corrosión (Ashkenazi, 2019).
- Facilidad de limpieza y esterilización: Su superficie lisa y resistente a la corrosión, facilita la limpieza y desinfección (Ashkenazi, 2019).

3.3.1.5 Corrosión

A la corrosión se le conoce como el proceso natural que afecta a los metales que están expuestos a diferentes ambientes corrosivos. El *manual acero inoxidable.indd*, (2010) enumera varios tipos de corrosión:

1. Corrosión generalizada: Se debe al debilitamiento uniforme del filme de pasivación (óxido de cromo) sobre toda la superficie del acero. Generalmente ocurre a causa de la mala selección del tipo de acero inoxidable.
2. Corrosión por picaduras (Pitting): Las picaduras son una forma localizada de ataque corrosivo. Se caracteriza por la formación de agujeros en el metal. Estos agujeros pueden ser pequeños y difíciles de detectar visualmente debido a la corrosión general. El pitting se asocia con discontinuidades localizadas del filme de pasivación. La sensibilidad al pitting aumenta con condiciones extremas de agentes corrosivos, imperfecciones mecánicas, tales como partículas extrañas, daño en la superficie del material, o por fallas en la película de óxido de cromo. El fenómeno ocurre cuando se rompe la capa pasivante y hay un ataque muy localizado.
3. Corrosión galvánica: Todos los aceros inoxidables son susceptibles a este tipo de corrosión. Se produce por el contacto de dos metales de distinto potencial de oxidación que están en contacto en un medio corrosivo. Como un metal altamente resistente a la corrosión, el acero inoxidable puede actuar como cátodo cuando está en contacto con

material menos noble, generándose un fenómeno electrolítico que daña la superficie del acero inoxidable.

3.3.1.6 Desinfección

Este proceso consiste en eliminar la mayoría o todos los microorganismos patógenos presentes en material determinado, excepto las esporas. La desinfección no es efectiva contra las esporas, pero algunos desinfectantes pueden matarlas con exposiciones prolongadas. Los desinfectantes de nivel intermedio pueden eliminar micro bacterias, bacterias en crecimiento, la mayoría de los virus y hongos, pero no necesariamente las esporas. Por último, los desinfectantes de bajo nivel pueden matar la mayoría de las bacterias en crecimiento, algunos virus y hongos en un período de tiempo rápido (Tabla 8) (Abdulkadir 2019). Es esencial conocer cuáles son algunos de los desinfectantes que se utilizan en el ambiente hospitalario ya que estos se componen de distinta manera dependiendo al área en el que este será utilizado (Tabla 6).

Tabla 6: Desinfectantes y su uso clínico

Desinfectantes	Uso clínico
<ul style="list-style-type: none"> • Clorhexidina • Yodóforo • Etanol al 70% • Tintura de yodo • Hipoclorito (Lejía, clorox) • Luz ultravioleta • Cloruro de benzalconio (Lysol) - QAC 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfectar las manos antes de la cirugía • Desinfectar el sitio quirúrgico antes de la cirugía • Desinfectar la piel antes de la ven punción, desinfectar el estetoscopio • Desinfectar la piel antes de una cultura de sangre, desinfectar el catéter antes de la inserción • Desinfectar áreas (Limpieza de derrames de sangre de pacientes con hepatitis B o C) • Desinfectar el aire en la sala de operaciones • Desinfectar el piso de la sala de operaciones

Fuente: (Abdulkadir, 2019)

3.3.1.7 Métodos de desinfección química

1. Alcohol: En el ámbito de la atención médica el alcohol ha sido considerado un desinfectante por décadas, tanto el alcohol etílico (etanol) al 70% como el alcohol isopropílico son considerados los desinfectantes más efectivos. Los alcoholes actúan como desinfectantes al descomponer las proteínas microbianas. Los alcoholes al 60-70% tienen décadas de datos y estudios que confirman sus propiedades bactericidas, virucidas,

tuberculocidas y fungicidas, lo que los hace ampliamente utilizados para la desinfección de superficies y manos tanto en el ámbito de la salud como fuera de él. (Aranke et al., 2021).

Sin embargo, no son adecuados para la esterilización de herramientas quirúrgicas debido a su falta de actividad esporicida. Además, se debe tener precaución debido a que el alcohol es corrosivo y puede dañar ciertos materiales y componentes de equipos médicos, y es inflamable, por lo que se requiere un almacenamiento y uso adecuado con ventilación apropiada para evitar riesgos (Aranke et al., 2021).

2. Cloro y compuestos de cloro: El hipoclorito de sodio, es conocido también como lejía, ha sido utilizado por muchos años. A pesar de que el hipoclorito es efectivo contra virus y bacterias, muestra menos eficacia frente a bacterias y hongos formadores de esporas. La acidez de la solución y la concentración del hipoclorito son aspectos importantes para su acción germicida y eficiencia en la limpieza (Aranke et al., 2021).

En entornos clínicos, este se utiliza para descontaminar sistemas de agua y puede emplearse directamente para desinfectar superficies, lavandería, derrames de sangre y equipos médicos. También se ha combinado recientemente con luz UV para desinfectar habitaciones de hospital. Sin embargo, se deben tomar precauciones ya que es altamente corrosivo (Aranke et al., 2021).

3. Formaldehído: El formaldehído es un compuesto químico conocido por su capacidad de causar daño directo al ADN y dificultar la reparación de este, lo que lo convierte en una sustancia señalada como mutagénica. Por esta razón, se evita el contacto directo con la piel y se emplea principalmente para la desinfección de derrames, equipos hospitalarios sensibles al calor y maquinaria de hemodiálisis. A pesar de sus riesgos, el formaldehído es un agente poderoso que muestra eficacia contra enfermedades como la gonorrea, el VIH, el virus de la hepatitis B, la clamidia y los micos plasmas (Aranke et al., 2021).

4. Glutaraldehído: En el ámbito médico, este se utiliza para desinfectar instrumentos hospitalarios y sistemas de diálisis, en una solución al 2% contra distintos microorganismos en un lapso de inmersión de 5 a 10 minutos. Ha demostrado su eficacia contra bacterias, virus como el coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave y el virus de la

inmunodeficiencia humana, etc. Sin embargo, es un químico que puede ser tóxico para el sistema respiratorio, aumentando el riesgo de bronquitis y síntomas nasales. Aunque no hay evidencia de su toxicidad a largo plazo, se recomienda precaución debido a los posibles efectos adversos con pequeñas cantidades (Aranke et al., 2021).

Tabla 7: Desinfectantes considerados agentes oxidantes y no oxidantes

Oxidantes	No oxidantes
<ul style="list-style-type: none"> Hipoclorito de sodio Yodo-povidona Peróxido de hidrógeno Ácido peracético 	<ul style="list-style-type: none"> Alcohol (etanol) compuesto de amonio cuaternario (QAC) Clorhexidina Glutaraldehído y orto-ftalaldehído (OPA).

Elaboración propia basada en (Yoo, 2018).

Tabla 8: Ejemplos de desinfectantes

Nivel alto	Glutaraldehído, orto-ftalaldehído, peróxido de hidrógeno y ácido peracético.
Nivel intermedio	Hipoclorito de sodio y alcohol isopropílico.
Nivel bajo	Compuestos de amonio cuaternario, peróxido de hidrógeno y fenoles.

Elaboración propia Fuente: (Mullaney, 2008).

3.3.1.8 Factores que influyen en la respuesta del desinfectante

La efectividad de los germicidas contra los microorganismos depende de distintos de factores (Ilustración 6), algunos de los cuales son inherentes a los organismos, mientras que otros están relacionados con aspectos químicos y físicos del entorno (Abdulkadir, 2019).

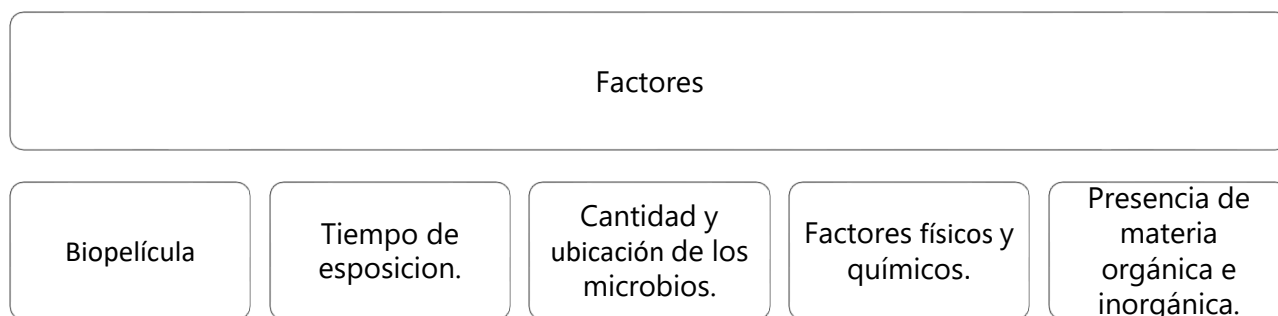


Ilustración 6: Factores influyentes en los desinfectantes

Elaboración propia fuente: (Abdulkadir, 2019).

3.3.1.9 Potencial de circuito abierto (PCA)

Kabir & Mahmud (2010) menciona que el PAC es el potencial de electrodo al que no fluye corriente neta por el circuito externo de la célula electroquímica. PAC de un metal/aleación en corrosión se mide como la tensión entre el metal/aleación (electrodo de trabajo) y un electrodo de referencia utilizando un voltímetro de alta impedancia. La medición del PAC puede proporcionar:

- Un método para determinar si el sistema de corrosión está en estado activo o pasivo (Kabir & Mahmud, 2010).
- Determinación de la distribución de potencial en la superficie de corrosión (electrodos mixtos heterogéneos (Kabir & Mahmud, 2010).
- Información sobre el potencial de corrosión libre como punto de partida para la aplicación de métodos de protección electroquímica (Kabir & Mahmud, 2010).

3.3.1.10 Ley de ohm

Según la Ley de Ohm, la resistencia eléctrica de un conductor, receptor o circuito está relacionada de forma directamente proporcional con el voltaje y de forma inversamente proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que fluye a través de él (Ramírez Juárez, 2019).

3.3.2 METODOLOGÍAS APLICADAS POR OTROS INVESTIGADORES

En el próximo capítulo, se presentará una matriz (Tabla 9) detallada que contendrá datos significativos y conclusiones extraídas de diversos artículos que serán utilizados en el desarrollo de la investigación. Esta matriz se ha diseñado para proporcionar una visión general de los hallazgos y los datos importantes de los estudios seleccionados, permitiendo una fácil comparación.

Tabla 9: Matriz de metodologías aplicadas por otros investigadores

Título	Autor	Año	País	Base de datos	Resumen Descriptivo
1. Evaluación de desinfectantes hospitalarios comúnmente utilizados en bacterias aisladas del quirófano.	Obi C., Muhammad U. K., Manga S. B, Atata R. F. y Hauwa T.	2016	Nigeria	Journal of Bioscience and Biotechnology Discovery	En resumen, solamente el desinfectante "izal", que fue utilizado en UDUTH a una concentración interna del 8%, demostró ser efectivo contra todos los aislados clínicos que fueron sometidos a pruebas. Fue necesario un periodo de exposición de entre 25 a 30 minutos a los desinfectantes para eliminar todas las células viables de los aislados resistentes Obi C. et al. (2016).
2. Selección del Desinfectante Ideal.	William A. Rutala, David J. Weber	2014	USA	Cambridge University press	Aunque en ese entonces no se contaba con el producto de desinfección perfecto, era importante seleccionar y utilizar de manera adecuada los desinfectantes disponibles para reducir el riesgo tanto para los pacientes como para el personal. Al elegir el producto idóneo para llevar a cabo la desinfección de superficies, se tenían que considerar cinco componentes y asignar una puntuación a cada producto dentro de categorías como efectividad, tiempo de contacto y eliminación, seguridad, facilidad de uso, costos y estandarización, según lo propuesto por Rutala & Weber (2014).

Título	Autor	Año	País	Base de datos	Resumen Descriptivo
3. La ética profesional en el uso de acero inoxidable para la fabricación de mobiliario del sector hospitalario	Gabriel Nicolás Montenegro Alcívar, Jeverson Santiago Quishpe Gaibor	2019	Ecuador	Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales	El acero inoxidable AISI 304 se utiliza en mobiliario hospitalario por sus propiedades antimicrobianas, fácil limpieza y esterilización. Esto ha ayudado a reducir focos de infección en hospitales. Además, es 100% reciclable y tiene la tasa más alta de reciclaje, lo que lo convierte en una opción ambientalmente favorable. Un 70% de los aceros inoxidables son reciclados al final de su vida útil, lo que disminuye su impacto ambiental (Alcívar, 2019).
4. Cómo el aluminio cambió el mundo: Una revolución metalúrgica a través de perspectivas tecnológicas y culturales	Dana Ashkenazi	2019	Israel	Science Direct	El aluminio es un material atractivo y reciclable, ofreciendo ventajas medioambientales y económicas. Su uso comercial comenzó en el siglo XIX, y culturalmente se considera un símbolo de modernidad. Las aleaciones de aluminio se utilizan en aplicaciones diversas. Se espera que las industrias del aluminio crezcan en el siglo XXI debido a sus excelentes propiedades y valor de reciclaje. Sin embargo, será necesario un esfuerzo continuo de investigación y desarrollo para mejorar la calidad de vida y minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente relacionados con su producción (Ashkenazi, 2019).
5. Efecto del HCl acuoso con cloro disuelto sobre determinados polímeros	Santosh Agrawal, Ninad Ingle, Uttam Maity, Raksh Vir Jasra, and Pradip Munshi	2018	India	ACS OMEGA	El HCl acuoso, el cual contenía cloro gaseoso a temperaturas por encima de los 50 °C, representó en aquel entonces un sistema de corrosión de considerable magnitud para materiales con resistencia a la corrosión. Estos métodos de corrosión se empleaban de manera extensiva en diversos procesos de

Titulo	Autor	Año	País	Base de datos	Resumen Descriptivo
resistentes a la corrosión.					<p>cloración en diversas industrias. En el estudio del entorno corrosivo se emplearon materiales como el PP, PET, ECTFE y ETFE. Se observó que el PP y el PET se veían afectados por la cloración y la oxidación, mientras que el ETFE podía resistir la cloración, pero no el ataque oxidativo. Por otro lado, el ECTFE no presentó cambios químicos significativos en presencia de dichos agentes corrosivos (Agrawal et al., 2018).</p>
6. Relación entre los cambios morfológicos y las propiedades mecánicas de las películas de HDPE expuestas a un ambiente clorado	K. Majewski, S.C. Mantell, M. Bhattacharya	2019	USA	Science Direct	<p>En el estudio, se investigó la degradación de películas fabricadas de HDPE en un entorno oxidativo, específicamente en un baño de cloro. La degradación química se iniciaba después de que el antioxidante se agotaba en una alta medida, normalmente entre 250 y 500 horas de exposición, y se veía influenciada por la difusión del cloro y la disponibilidad de oxígeno. Las muestras extruidas y sometidas a tratamiento térmico presentaron patrones similares en la pérdida de peso molecular, y la cristalinidad aumentó con el tiempo de exposición. De manera global, se identificó una combinación de peso molecular y espaciado interlinear que correspondía a la transición del comportamiento dúctil al frágil en el material (Majewski et al., 2020).</p>
7. Estudio de la erosión-corrosión del acero inoxidable latón y aluminio por	Kazi Bayzid Kabir, Iqbal Mahmud	2010	Bangladesh	Journal of Chemical Engineering	<p>Este estudio investigó cómo el flujo afecta la corrosión en acero inoxidable, latón y aluminio mediante técnicas de medición electroquímica, comparando la corrosión en condiciones de flujo y en reposo. Las mediciones del potencial de circuito abierto (OCP) proporcionaron información sobre la</p>

Título	Autor	Año	País	Base de datos	Resumen Descriptivo
mediciones de potencial de circuito abierto					corrosión en diferentes entornos. Se identificaron tres tipos de curvas que indicaban el comportamiento de los materiales en relación con su entorno. Estos hallazgos sugieren la utilidad de las mediciones en circuito abierto para la monitorización en tiempo real de la corrosión, con aplicaciones prácticas en la prevención y gestión de la corrosión. (Kabir & Mahmud, 2010)
8. Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica)	José Alberto Salazar-Jiménez	2015	Costa Rica	Tecnología en Marcha	El fenómeno de corrosión consiste en el proceso de deterioro de materiales metálicos mediante reacciones químicas y electroquímicas, debido a que estos materiales buscan alcanzar un estado de menor potencial energético. La corrosión tiene muchas repercusiones a nivel económico, de seguridad y de conservación de materiales, por lo que su estudio y mitigación es de suma importancia. En este documento se facilitó información acerca de, algunos tipos de corrosión que se pueden observar comúnmente, algunos factores que influyen al proceso de corrosión y su velocidad, y algunos tipos de métodos para el control de la corrosión y la protección de materiales, entre los cuales están la protección anódica y catódica, ante este fenómeno. (Salazar-Jiménez, 2015)

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.1 Comparación de metodologías

- a) La selección y estudio de diversos desinfectantes para uso en el ámbito hospitalario ha sido un objeto de interés por múltiples equipos de investigación. Entre algunos de estos investigadores se encontraron los trabajos de Obi C. et al. (2016) y Rutala & Weber (2014) que efectuaron experimentos para discernir los efectos de un determinado compuesto desinfectante y su efecto bacteriológico. Los resultados establecidos por estos trabajos permitieron adoptar una comprensión relevante para la temática de investigación actual. Lo anterior, considerando el enfoque aplicativo del presente estudio con respecto a los procesos y protocolos de desinfección actualmente utilizados en la industria sanitaria.
- b) El acero inoxidable y el aluminio son metales que son muy usados en el ámbito hospitalario para la fabricación de equipos o dispositivos médicos. Este tema de los metales generó interés en ciertos investigadores. Alcívar (2019) y Ashkenazi (2019) en sus investigaciones, que tanto los aceros inoxidables como el aluminio contaban con características y propiedades específicas que los hacían aptos para cumplir de manera efectiva con sus respectivas funciones dentro de un centro médico. Además, son materiales accesibles y que a la vez no presentaron daños para el medio ambiente.
- c) Los polímeros son materiales versátiles con una amplia gama de aplicaciones. Lo que ha despertado el interés de diversos investigadores. Entre ellos, Agrawal et al. (2018) y Majewski et al. (2020). Estos buscaron comprender su comportamiento en entornos corrosivos. El cloro, un agente químico, presentó efectos diversos cuando entraba en contacto con los polímeros. En dicho caso, se generó una alta corrosión en estos materiales. Según se expuso en el artículo titulado "Relación entre los cambios morfológicos y las propiedades mecánicas de las películas de HDPE expuestas a un ambiente clorado", los polímeros no solo experimentaron alteraciones en su estructura física, sino también en su peso.
- d) La corrosión es un fenómeno que causa el deterioro de los metales por causas químicas o electroquímicas. Kabir & Mahmud (2010) y Salazar-Jiménez (2015) mencionaron en sus investigaciones como la corrosión ocurrió por diversos factores y en diferentes entornos.

Algunos de estos factores ocurrieron por un mal manejo de los metales o por medio de una corrosión forzada, por medio de un potencial de circuito abierto, por propósitos de investigación. De esta forma se pudo llegar a obtener aplicaciones o métodos con los que se previene o gestionó la corrosión.

3.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En este capítulo se encuentran algunas de las técnicas que otros investigadores utilizaron para obtener resultados en sus estudios.

3.3.3.1 *Área de muestreo*

El estudio fue realizado en el Hospital de Enseñanza Universitaria Usmanu Danfodiyo (UDUTH) en Sokoto, durante el período comprendido entre febrero y mayo de 2014. UDUTH representaba un centro de referencia y hospital terciario de importancia en la región noroeste de Nigeria, prestando atención también a naciones vecinas como Níger y las Repúblicas de Benin. Los sitios de investigación incluyeron los quirófanos, los cuales fueron seleccionados siguiendo criterios que aseguraban que se mantendrían como entornos estériles (Obi C. et al., 2016).

3.3.3.2 *Proceso de muestreo*

Se emplearon placas de agar nutriente y agar MacConkey, ubicadas en ubicaciones específicas. Se mantuvieron expuestas durante un lapso de 30 minutos. Posteriormente, las placas se trasladaron al laboratorio de microbiología y se incubaron a una temperatura de 37°C a lo largo de un período de 24 horas. Al concluir esta fase, todas las placas fueron examinadas para corroborar la presencia de colonias en crecimiento. Estas colonias fueron cuantificadas mediante un contador electrónico de colonias y los resultados fueron registrados. Además, se generó una cultura pura de todas las colonias identificadas en cada placa, siendo transferidas a tubos con agar nutriente. Estos tubos fueron almacenados a una temperatura de -70°C en el refrigerador para su posterior utilización (Obi C. et al., 2016)

3.3.3.3 *Degradación oxidativa*

Las muestras fueron sometidas a un entorno oxidativo en un baño de agua con concentraciones de cloro. El baño se encontraba contenido en un recipiente de 20 L, equipado con sensores destinados a monitorizar y regular la temperatura, el cloro, el pH y el potencial de oxidación-reducción. Con el propósito de mantener la temperatura a 70°C, se implementó una

manta calefactora que envolvía el recipiente, cuyo control estaba a cargo de un dispositivo regulador (Majewski et al., 2020)

La concentración de cloro se mantuvo constante en aproximadamente 5 ppm, con una tolerancia de +/- 0,7 ppm. Cuando el sensor de cloro indicaba una cantidad por debajo del rango aceptable, se añadía más hipoclorito de sodio. Para regular el pH, se empleó un sensor de pH con el fin de mantenerlo en torno a 6,5, con un margen de +/- 0,6. Para elevar el pH, se introdujo bicarbonato sódico, mientras que, en caso de un pH elevado, se agregó ácido clorhídrico. La combinación de control en las concentraciones de cloro, pH y temperatura contribuyó a mantener un potencial de oxidación-reducción relativamente estable alrededor de 830 mV (Majewski et al., 2020)

3.4 MARCO LEGAL

Dentro de esta sección se seleccionaron y presentaron cuidadosamente algunas de las normas clave que se encontraron en el manual de NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS (tabla 10). Estas normas específicas son de suma importancia dado a que son muy relevantes para el análisis y comprensión de la corrosión y la desinfección en equipos y dispositivos médicos.

Tabla 10: Matriz normativa

Edición	Reglamento	Norma	Capitulo	Descripción
Primera Edición, 2007	NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y NORMA 29: SALA DE OPERACIONES	29: Sala de Operaciones	Se menciona que todo personal que labora en sala de Operaciones debe realizar las medidas específicas de descontaminación del quirófano antes de comenzar la jornada, durante la cirugía y después de la cirugía. Así mismo menciona las etapas de aseo del instrumental quirúrgico antes de comenzar la jornada, durante la cirugía y después de la cirugía (Spital, 2007).
Primera Edición, 2007	NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y NORMA 79: AISLAMIENTO DE PACIENTES	79: Aislamiento de pacientes	de Establece la manera adecuada de cómo se deben de desinfectar y esterilizar los equipos, además menciona los materiales que debe utilizar el personal que realice este trabajo (Spital 2007).
Primera Edición, 2007	NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y NORMA 80: AISLAMIENTO DE EQUIPO CRÍTICO/GENERAL	80: Aislamiento de pacientes	de Se indica detalladamente el proceso de limpieza y desinfección de equipo crítico, semicríticas, no crítico/general (Spital, 2007).
Primera Edición, 2007	NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y NORMA 81: AISLAMIENTO DE PACIENTES	81: Aislamiento de pacientes	de Menciona las propiedades con las que debe de cumplir un desinfectante para considerarse apto para el uso en los establecimientos de salud (Spital, 2007).

Edición	Reglamento	Norma	Capitulo	Descripción
	PREVENCION CONTROL INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y DE IDEAL	DESINFECTANTE	
Primera Edición, 2007	NORMAS PROCEDIMIENTOS NACIONALES PREVENCION CONTROL INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y PARA Y DE Y DESINFECTANTES.	NORMA 82: LINEAMIENTOS PARA EL USO CORRECTO DE SOLUCIONES ANTISEPTICAS	Aislamiento de pacientes de Establece cómo las sustancias se deben preparar y manejar adecuadamente (Spital, 2007).
Primera Edición, 2007	NORMAS PROCEDIMIENTOS NACIONALES PREVENCION CONTROL INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y PARA Y DE	NORMA 83: ANTISEPTICOS y DESINFECTANTES	Antisépticos y Desinfectantes y Se mencionan las características importantes de los antisépticos y desinfectantes, con sus respectivos usos, ventajas, desventajas y observaciones (Spital, 2007).
Primera Edición, 2007	NORMAS PROCEDIMIENTOS NACIONALES PREVENCION CONTROL INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	Y PARA Y DE	NORMA 88: ESTERILIZACION QUIMICA	Desinfectantes Se enumeran los pasos y recomendaciones a seguir para garantizar una esterilización química correcta (Spital, 2007).

Fuente: Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se describieron las diferentes técnicas metodológicas que se implementaron para la realización del proyecto. También se presentan los diferentes materiales utilizados en el proceso de este.

4.1 ENFOQUE

El presente proyecto de investigación cuenta con un enfoque mixto. Se involucraron elementos cuantitativos y cualitativos para la recopilación y el análisis de los datos. Para el ámbito cuantitativo se realizaron mediciones con las que se determinó la pérdida de masa y propiedades mecánicas de los materiales después de la exposición al cloro. Asimismo, en el ámbito cualitativo se realizaron observaciones detalladas de los metales con los que se registraron datos específicos sobre la apariencia del material. El tipo de diseño que se utilizó en la investigación es el experimental, en el que se realizaron acciones de medición para la observación y registro de datos. También, se cuenta con un alcance exploratorio debido a que no se reportan investigaciones ni datos sobre el tema en Honduras (Tabla 11).

Tabla 11: Metodología

Enfoque	Mixto
Tipo de Diseño	Experimental
Tipo de Alcance	Exploratorio

Fuente: Elaboración propia

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación representan una alta importancia en el desarrollo de un proyecto de investigación. Según Sampieri et al. (2014) las variables son las que permiten definir y estructurar el proyecto. Estas se pueden dividir en dos categorías principales: variables dependientes y variables independientes. Después de lo anterior expuesto, en el proyecto se puede contar con una variable dependiente y con ocho variables independientes (Ilustración 7).

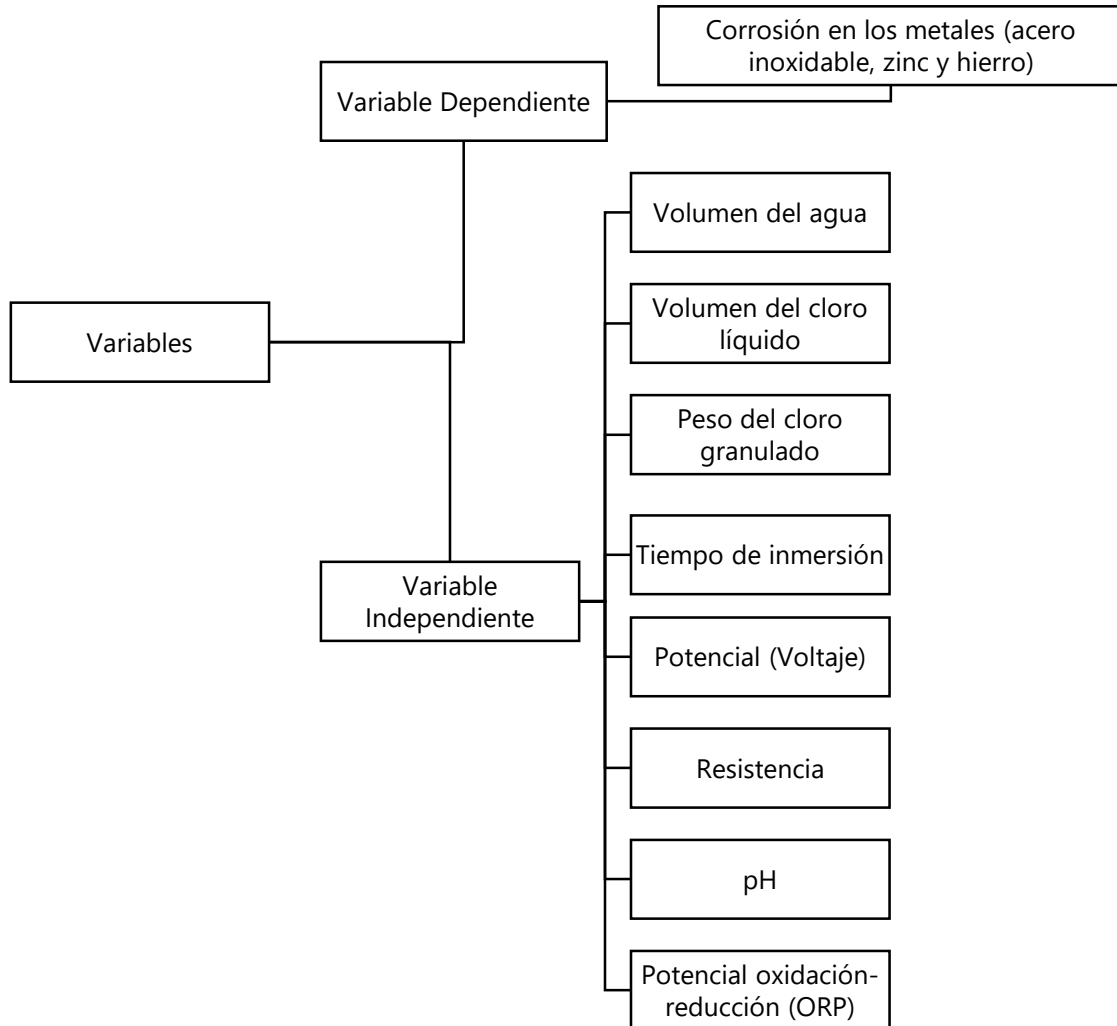


Ilustración 7: Diagrama de Variables de Investigación

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Sampieri et al, (2014) expresa que la variable dependiente es la que se ve afectada directamente por la manipulación de una o más variables independientes. Para el presente proyecto se estableció como variable dependiente a la corrosión de los metales, debido a que este es el resultado de la manipulación de todas las variables independientes.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes son las que se pueden manipular o controlar para observar el efecto que tiene en otras variables. Se seleccionaron estas variables independientes para el proyecto:

- a) Volumen del agua: El volumen del agua que se utilizó en el presente proyecto es de 600 mililitros en cada contenedor. Se usó la mitad de lo que puede abarcar el contenedor.
- b) Volumen del cloro líquido: El volumen del cloro líquido que se utilizó es de 600 mililitros en los dos contenedores de la concentración de 12%.
- c) Peso del cloro granulado: Se utilizó el peso de 0.42 gramos de cloro granulado del 70%, 0.54 gramos de cloro granulado del 90% y 1 gramo de cloro granulado del 90%. Todos estos se diluyeron con los 600 mililitros de agua.
- d) Tiempo de Inmersión: Se llevó a cabo un estudio durante un período de 2 semanas. En la primera semana, se realizaron mediciones durante 3 días, desde las 10 a.m. hasta las 2 p.m., con un período de observación de 5 horas en cada día. Durante la segunda semana, se dejó el material en reposo para evaluar su efecto corrosivo después de este período de tiempo.
- e) Potencial (Voltaje): Se realizaron mediciones del voltaje (V) de los dos metales sumergidos en las respectivas concentraciones.
- f) Resistencia: Se efectuaron mediciones en kilohmios ($k\Omega$) de los metales sumergidos en sus concentraciones correspondientes.
- g) pH: Se realizaron mediciones del pH del agua clorada de 70% y 90%, al igual que el del cloro puro de 12% con los materiales sumergidos.
- h) Potencial Oxidación-Reducción (ORP): Se midió el ORP en milivoltios (mV) de todas las concentraciones.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.3.1 ANÁLISIS VISUAL

Con el objetivo de obtener una comprensión más profunda y detallada, se llevó a cabo un riguroso proceso de observación y comparación de las muestras. Estas fueron expuestas previamente a tres concentraciones diferentes de cloro. La implementación de esta técnica permitió una inmersión en un análisis que se presentó desde las etapas iniciales de este experimento. El propósito consistía en descubrir eventuales cambios a nivel estructural.

4.3.2 PESO Y VOLUMEN

Se realizó un procedimiento durante el cual se registró de manera meticulosa el peso de todos los elementos relacionados con este estudio. Esto incluyó no solo los metales presentes, sino también el peso del recipiente que los albergaba y el cloro granulado empleado. De igual manera, se efectuó una medición precisa del volumen de la solución clorada, el cual desempeñaba un papel fundamental en este experimento. Además, se llevó a cabo una cuantificación del volumen de agua que se utilizaría en el proceso de dilución.

4.3.3 MEDICIÓN DEL PH

La medición del pH proporcionó información acerca del entorno químico en el cual interactuaron el cloro y los aceros inoxidable seleccionados. La medición del pH permitió obtener información para determinar si los cambios en la acidez estaban relacionados con modificaciones estructurales o de composición en los metales.

4.3.4 PRUEBAS DE ORP

Se llevó a cabo la medición de ORP, se evaluó la capacidad de llevar a cabo reacciones de oxidación o reducción. Un cambio en el ORP significa un cambio inversamente proporcional en el pH.

4.3.5 EXPERIMENTOS DE CORROSIÓN

Las piezas de acero inoxidable fueron sumergidas en tres frascos separados, cada uno contenía una solución con un porcentaje diferente de cloro. Este proceso permitió un seguimiento preciso de la formación de óxido o cualquier alteración que los metales pudieran haber experimentado.

4.3.6 MINITAB

Se utilizó este software para el análisis estadístico de los datos recopilados a través de diversas técnicas de estudio. Ayudo a una comprensión más profunda y completa de los fenómenos investigados. Los resultados obtenidos proporcionaron una base sólida para la formulación de conclusiones.

4.3.7 RESISTENCIA DE POLARIZACIÓN

Se empleó el presente método con el propósito de adquirir un mayor entendimiento acerca de la respuesta del sistema frente al proceso de corrosión. Asimismo, se realizó un análisis sobre cómo los diferentes factores experimentales tenían la capacidad de ejercer influencia sobre la velocidad y la extensión con la cual se desencadenaba el proceso corrosivo.

4.3.8 POTENCIAL DE CORROSIÓN EN CIRCUITO ABIERTO

El potencial de corrosión proporcionó información acerca de la propensión del metal a corroerse cuando estaba expuesto a una solución clorada, y se analizaron las interacciones entre diversas condiciones experimentales en el desarrollo del proceso corrosivo.

4.3.9 CELDA ELECTROQUÍMICA

Este método proporcionó una aceleración en la corrosión del acero inoxidable (ánodo) mediante la utilización de un electrodo de zinc (cátodo) que fue introducido en la solución clorada. Con la asistencia de un multímetro, se analizaron diversos datos, como el voltaje y la resistencia obtenidos de los metales expuestos.

4.4 MATERIALES

4.4.1 ACERO INOXIDABLE AISI 304 (NIPLE Y TIJERA)

Metal utilizado para la fabricación de equipos/dispositivos médicos, debido a su alta resistencia a la corrosión y que es adecuado para equipos y mobiliario que requieran de un alto grado de esterilización (Ilustración 8 y 9).



Ilustración 8: Pieza de Acero Inoxidable AISI 304

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 9: Tijera de Acero Inoxidable AISI 304

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 CLORO LÍQUIDO 12%

Concentración de cloro en estado líquido usado de forma pura en el contenedor para su estudio en el efecto del metal (Ilustración 10).



Ilustración 10: Cloro Líquido al 12%

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 CLORO GRANULADO 70%

Concentración de cloro en estado sólido al 70%. Este fue diluido con agua para la elaboración de la solución (Ilustración 11).



Ilustración 11: Cloro Granulado 70%

Fuente: Elaboración propia

4.4.4 CLORO GRANULADO 90%

Concentración de cloro en estado sólido al 90%. Este fue diluido con agua para la elaboración de la solución (Ilustración 12).



Ilustración 12: Cloro Granulado 90%

Fuente: Elaboración propia

4.4.5 RECIPIENTES CILÍNDRICOS DE VIDRIO

Se utilizaron 8 recipientes cilíndricos de vidrio que aseguraron que el contenido dentro del envase estuviera estable y que se tuviera una mejor visualización del efecto de la solución sobre el metal (Ilustración 13).



Ilustración 13: Recipientes Cilíndricos de Vidrio

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 GUANTES DESECHABLES DE LÁTEX

Se hizo uso de guantes desechables de látex como método de seguridad, debido a las altas concentraciones del cloro (Ilustración 14).



Ilustración 14: Guantes desechables de látex

Fuente: Elaboración propia

4.4.7 AGUA

Se utilizó agua en combinación con el cloro en estado líquido y en estado granulado, para la elaboración de la solución en la que el metal se introdujo (Ilustración 15).



Ilustración 15: Agua

Fuente: Elaboración propia

4.4.8 PH-METRO

Es un instrumento utilizado para la medición de la actividad del ion de hidrógeno en soluciones acuosas, en donde se indica el grado de acidez o alcalinidad. Se utilizó el pHmetro para medir el PH de la solución ya elaborada con la combinación del cloro y el agua. También se utilizó en la medición del potencial oxidación-reducción de la solución dentro del recipiente (Ilustración 16).



Ilustración 16: pH-metro

Fuente: Elaboración propia

4.4.9 BALANZA

Se utilizó una balanza para obtener el peso de todos los materiales que formaron parte del proceso. Esto con el fin de tener un registro de datos esenciales sobre los materiales empleados, que van desde los metales hasta los respectivos contenedores (Ilustración 17).



Ilustración 17: Balanza

Fuente: Elaboración propia

4.4.10 MULTÍMETRO

Es un instrumento utilizado para probar la continuidad entre dos puntos, al igual que también puede medir voltaje, resistencia y corriente. En este caso en el proyecto se utilizó para probar el potencial, que se midió en voltaje y la resistencia que se midió en kiloohmios que posee el metal (Ilustración 18).



Ilustración 18: Multímetro

Fuente: Elaboración propia

4.4.11 HIERRO

Metal que no es muy resistente a la corrosión cuando es expuesto a soluciones muy fuertes. Se utilizó en una prueba en la que se elaboró una solución usando el cloro granulado de 90% diluido el agua, pero con una mayor cantidad de cloro.

4.4.12 CABINA DE EXTRACCIÓN DE GASES

Se utilizó la cabina para proteger el ambiente del laboratorio de los gases tóxicos de los contenedores del cloro y también sirvió como almacenamiento de estos para asegurar la seguridad de personas externas al proyecto (Ilustración 19).



Ilustración 19: Cabina de extracción de gases

Fuente: Elaboración propia

4.4.13 AGITADOR MAGNÉTICO

Dispositivo se utilizó para mezclar, de manera automatizada, el cloro granulado del 90% con el agua de una manera más rápida y segura. Esto se debió a que el cloro sólido representó dificultades al momento de ser mezclado manualmente (Ilustración 20).



Ilustración 20: Agitador magnético

Fuente: Elaboración propia

4.4.14 CABLES CON PINZAS DE COCODRILO

Se utilizaron para conectar las líneas del multímetro hacia los metales sumergidos en las concentraciones y se midió el voltaje y la resistencia de estos (Ilustración 21).



Ilustración 21: Cable con pinzas de cocodrilo

Fuente: Elaboración propia

4.4.15 LÁMINA DE ZINC

Para el proyecto se hizo uso de seis (6) láminas de zinc, las cuales actuaron como el cátodo en todas las soluciones para acelerar la corrosión del acero inoxidable (Ilustración 22).



Ilustración 22: Lámina de Zinc

Fuente: Elaboración propia

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En el siguiente capítulo se describió la metodología seleccionada en la presente investigación para un proceso adecuado y preciso durante la recolección de datos.

4.5.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

4.5.1.1 Preparación de Muestras y Soluciones

Se emplearon tres soluciones con concentraciones distintas de cloro, incluyendo dos preparadas a partir de cloro granulado (90% y 70%), y una tercera constituida por una solución líquida comercial (12%). La dilución del cloro granulado se realizó utilizando agua purificada como disolvente.

Fueron seleccionadas y debidamente etiquetadas tres piezas de acero inoxidable 304, así como tres pinzas médicas fabricadas con el mismo material.

4.5.1.2 Recopilación de Datos Iniciales

a. Peso y Volumen: Se registraron los valores iniciales de peso para las piezas de acero, el cloro granulado y el volumen inicial de las soluciones cloradas.

b. Medición de pH y ORP: Se llevaron a cabo mediciones iniciales del pH y ORP en cada una de las soluciones preparadas, registrando los resultados.

c. Voltaje y Resistencia Eléctrica: Se efectuaron mediciones y registros iniciales de los valores de voltaje y resistencia eléctrica de las piezas de acero inoxidable (ánodo) relacionadas con el electrodo de zinc (cátodo).

4.5.1.3 Exposición de Muestras

Las piezas de acero inoxidable fueron sumergidas en las soluciones previamente preparadas. Se estableció un período de experimentación de 3 días en un periodo de 5 horas, durante el cual las soluciones se mantuvieron en un ambiente estable.

4.5.1.4 Registro Periódico

Durante el período de exposición, se realizaron registros de datos a intervalos definidos de 72 horas:

a. Análisis Visual: Se llevó a cabo una observación visual para documentar cualquier cambio apreciable en la superficie del acero inoxidable.

c. Medición del pH y ORP: Cualquier variación en el pH y la ORP de las soluciones fue debidamente registrada.

d. Voltaje y Resistencia Eléctrica: Se llevaron a cabo mediciones y registros de cualquier cambio en los valores de voltaje y resistencia eléctrica de las piezas de acero inoxidable.

4.5.1.5 Recopilación de Datos Finales

Al concluir el período de exposición, se efectuó una recopilación de todos los datos esenciales, necesarios para realizar un análisis completo de la situación de los metales sometidos al estudio.

4.5.2 ANÁLISIS DE DATOS

4.5.2.1 Registro de efectos a exposición al cloro

Se procedió a comparar los datos iniciales con los datos finales para identificar cambios significativos en las propiedades de las muestras.

4.5.2.2 Uso de Software (Minitab)

Los datos fueron ingresados en el software Minitab con el propósito de llevar a cabo análisis estadísticos. Se determinaron las posibles relaciones, correlaciones y significancia entre las variables independientes y la variable dependiente.

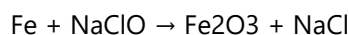
4.5.2.2 Interpretación

Se llevó a cabo un análisis en profundidad para comprender cómo las diferentes concentraciones de cloro y otras variables afectaron la corrosión y otras propiedades de los metales. Se establecieron relaciones de causa y efecto en función de los resultados obtenidos.

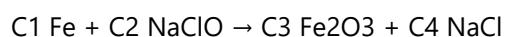
4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

En la siguiente sección se representará de manera química-numérica la reacción del hipoclorito de sodio ante el acero inoxidable.

Ecuación 1: Ecuación representativa del fenómeno de corrosión



Se añadieron coeficientes estequiométricos, a los reactantes y productos:



Se establecieron los números de átomos en los reactantes igual al número de átomos en los productos para Fe, Cl, Na y O:

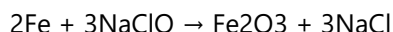
Fe: C1= 2C3
 Cl: C2=C4
 Na: C2= C4
 O: C2=3C3

Dado que los coeficientes son cantidades relativas e indeterminadas, se eligió un coeficiente para fijarlo arbitrariamente. En este caso se estableció C3=1 y así sucesivamente.

C1= 2
 C2 = 3
 C3 = 1
 C4 = 3

Se sustituyeron los coeficientes en la ecuación química para obtener la ecuación balanceada.

Ecuación 2: Ecuación balanceada



Ecuación en palabras

Hierro + hipoclorito sódico → óxido de hierro (III) + cloruro sódico

Tabla 12: Nombres químicos y formulas

	Hierro	hipoclorito de sodio	óxido de hierro (III)	cloruro de sodio
Formula	Fe	NaOCl	Fe ₂ O ₃	NaCl
Formula Hill	Fe	ClNaO	Fe ₂ O ₃	ClNa
Nombre	Hierro	hipoclorito sódico	óxido de hierro(III)	cloruro sódico

Fuente: (Wolfram|Alpha, 2020)

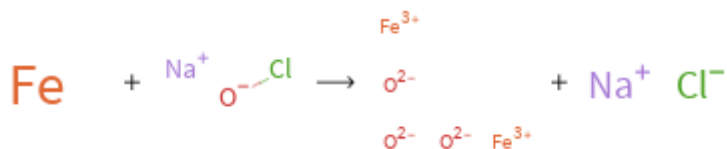


Ilustración 23: Ecuación química

Fuente: (Wolfram|Alpha, 2020)

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 13: Cronograma de actividades

Actividades para el desarrollo del proyecto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Búsqueda final de artículos	■									
Selección de materiales a utilizar		■								
Cotización de materiales			■							
Compra de materiales				■						
Preparación de solución (Intento #1)				■						
Registro de datos				■						
Investigación adicional para registro de datos				■						
Preparación de solución en concentración ALTA (hierro & acero inoxidable)				■						
Registro de datos					■					
Compra de nuevos materiales					■					
Reunión con asesor temático					■					
Preparación de solución (intento #2)					■					
Reunión con asesor temático						■				
Comparación de datos							■			
Comparación de datos								■		
Pre-terna										■

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Matriz metodológica

Título	Problema de investigación	Preguntas de investigación	Objetivos	VARIABLES	Instrumentos
Estudio de la Corrosión en Soluciones Cloradas en el Contexto Hospitalario: Caso de Acero Inoxidable 304 y Hierro	El entorno hospitalario se encuentra sujeto a rigurosos protocolos de desinfección, que a menudo implicaba el uso de desinfectantes que contenían distintas concentraciones de cloro. No obstante, se observó que la exposición a NaClO podía desencadenar de manera considerable el proceso corrosivo en materiales tales como el hierro y el acero inoxidable AISI 304 (FUKUZAKI, 2006), este último reconocido por su alta durabilidad y amplio uso en la manufactura de utensilios hospitalarios. La presencia de desinfectantes con diversas concentraciones de cloro representó una amenaza significativa para la vida útil de equipos y suministros médicos, los cuales generaban y siguen	<p>General</p> <p>¿Cuáles son las diferencias notables en el comportamiento de corrosión entre el acero inoxidable AISI 304 y el hierro cuando se exponen a conce3ntraciones de NaClO, y cómo estas diferencias pueden influir en la selección de materiales para aplicaciones médicas?</p>	<p>General</p> <p>Estudiar el comportamiento del acero inoxidable AISI 304 y del hierro (Fe) durante su exposición a distintas concentraciones de NaClO que catalicen el proceso electroquímico de la corrosión.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Corrosión en los metales (acero inoxidable, zinc y hierro)</p>	<p>pH-metro</p> <p>Multímetro</p> <p>Balanza</p> <p>Minitab</p> <p>Tijeras de Acero inoxidable AISI 304</p> <p>Niple de acero inoxidable AISI 304</p>
		<p>Específicas</p> <p>¿Cuáles son los efectos de la exposición a soluciones cloradas y no cloradas en la corrosión de los metales, según la literatura científica registrada en bases de datos?</p> <p>¿Cuáles son las técnicas de análisis más apropiadas para evaluar de manera precisa los efectos corrosivos del cloro en el hierro y el acero inoxidable AISI 304?</p>	<p>Específico</p> <p>Ejecutar una revisión retrospectiva de la literatura científica, indizada en bases de datos, relacionada con la corrosión de acero inoxidable AISI 304 y hierro en exposición a soluciones cloradas y no cloradas.</p> <p>Establecer una configuración adecuada de técnicas metodológicas que permitan estudiar los efectos corrosivos del cloro en el hierro y acero inoxidable AISI 304.</p>	<p>Independiente</p> <p>Volumen del agua</p> <p>Volumen del cloro líquido</p> <p>Peso del cloro granulado</p> <p>Tiempo de inmersión</p> <p>Potencial (Voltaje)</p> <p>Resistencia</p> <p>pH</p> <p>Potencial oxidación-reducción (ORP)</p>	<p>Cloro líquido</p> <p>Cloro granulado 70%, 90%</p> <p>Recipientes de vidrio</p> <p>Agua</p> <p>Hierro</p> <p>Cabina de extracción de gases</p>

Titulo	Problema de investigación	Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Instrumentos
	generando costos elevados para los hospitales, dado la inevitable corrosión de los equipos y utensilios médicos por el uso del cloro como desinfectante del instrumental hospitalario.	<p>¿Cómo se relacionan los cambios en la resistencia eléctrica y los niveles de voltaje con los procesos de corrosión y la formación de productos de corrosión?</p> <p>¿Existen correlaciones entre la variación del pH, el ORP y la concentración de cloro en las soluciones con respecto a la corrosión del acero inoxidable 304?</p>	<p>Registrar la resistencia eléctrica y los niveles de voltaje de dos muestras de acero inoxidable AISI 304 expuestas a soluciones cloradas con concentraciones del 12%, 70% y 90%.</p> <p>Analizar los datos obtenidos de todas las mediciones instrumentales para la variación del pH y el Potencial de Reducción de Oxidación (ORP) en las soluciones cloradas elegidas en exposición parcial y total.</p>		<p>Agitador magnético</p> <p>Cables cocodrilo</p> <p>Láminas de zinc</p>

Fuente: Elaboración propia

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se llevaron a cabo una serie de pruebas variadas con el objetivo de investigar la corrosión del acero inoxidable AISI 304, el cual fue expuesto a soluciones cloradas con concentraciones del 12%, 70% y 90%. Cada una de estas pruebas se repitió cinco veces con una hora de diferencia en cada toma en un lapso de tres días. Aunque en algunas mediciones los datos numéricos no reflejaron el cambio con la misma prominencia que pudo haber sido observada visualmente, el proceso corrosivo estaba en progreso y resultaba evidente.

Para analizar el fenómeno corrosivo, se introdujeron seis piezas de acero inoxidable en una pequeña celda electroquímica junto con la solución clorada (600 ml) a diferentes concentraciones y un electrodo de zinc. Además, se sumergieron completamente una pieza de acero inoxidable AISI 304 y otra de hierro en concentraciones elevadas de cloro. Las mediciones se llevaron a cabo utilizando un pH-metro (para medir conductancia y pH) y un multímetro (para medir resistencia y potencial). El electrodo de acero inoxidable AISI 304 se conectó como el ánodo, desempeñando el papel de la conexión positiva, mientras que la lámina de zinc se utilizó como el cátodo, representando la conexión negativa (Ilustraciones 24 y 25).

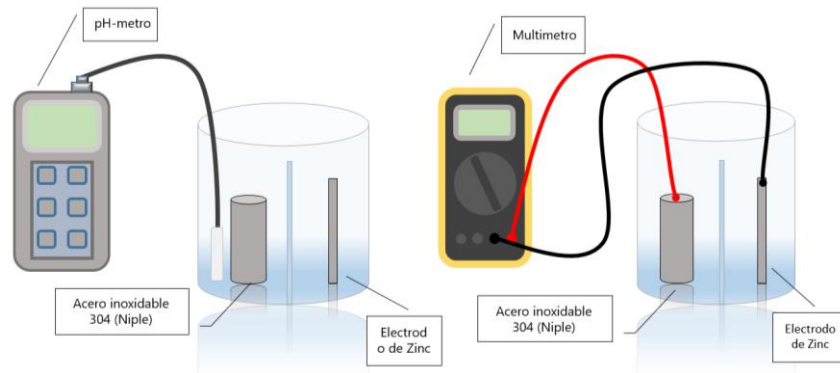


Ilustración 24: Medición de datos de la celda electroquímica

Fuente: Elaboración propia

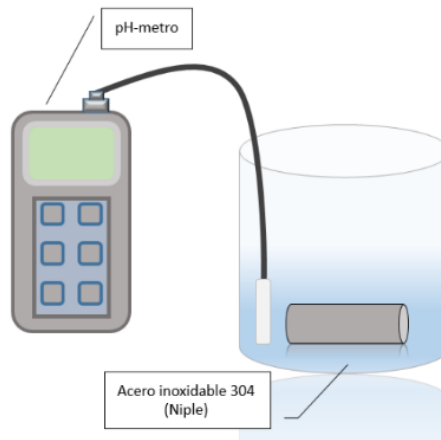


Ilustración 25: Medición de datos con pieza completamente sumergida

Fuente: Elaboración propia

Esta serie de experimentos se diseñó con la intención de lograr una comprensión más profunda de cómo las diversas concentraciones de soluciones cloradas afectaban la corrosión del acero inoxidable AISI 304. Realizar las pruebas en múltiples ocasiones permitió establecer patrones y tendencias más sólidos.

A pesar de que en ocasiones las diferencias en los datos numéricos no eran tan claros, los efectos corrosivos no eran tan evidente. Esto menciona la importancia de considerar tanto los resultados cuantitativos como los aspectos cualitativos al evaluar los efectos de la corrosión en un material. Estos experimentos representaron un paso significativo hacia una comprensión más profunda de los procesos de corrosión y sus implicaciones para los materiales en ambientes con presencia de cloro.

Para el desarrollo del análisis se tomaron en cuenta ciertos parámetros con respecto a las mediciones que se obtuvieron:

- Potencial: A medida que el voltaje se volvía más positivo, se obtenía una mayor actividad corrosiva. Por otro lado, si el voltaje se disminuía, era indicación de que la actividad corrosiva se había reducido (Ilustración 26).

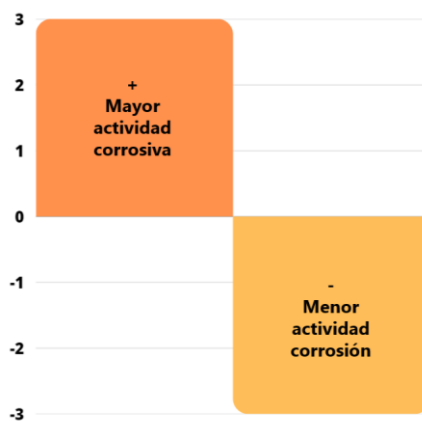


Ilustración 26: Voltaje de corrosión

Fuente: Elaboración propia

- Resistencia: A medida que la resistencia aumentara o que su polarización fuera mayor, el metal experimentaba una mayor resistencia al fenómeno corrosivo, lo que se traducía en una menor actividad en la corrosión. Por otro lado, la obtención de valores más bajos de polarización indicaba una tasa más alta del fenómeno. En otras palabras, valores más bajos podían indicar una menor formación de capas protectoras (Ilustración 27).

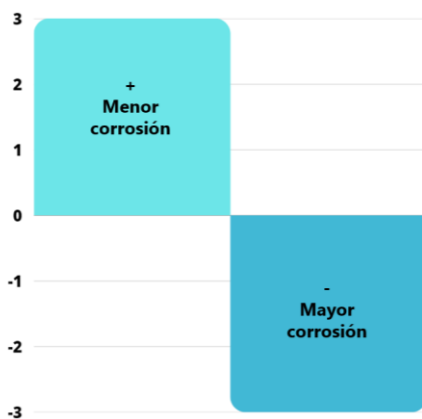


Ilustración 27: Resistencia de corrosión

Fuente: Elaboración propia

- pH: El pH se refiere al potencial de hidrogeno que se encuentra en un líquido. Tiene una escala de valores numéricos que representan una simbología que están dentro de un rango de 0 hasta 14. En esta escala el 7 representa un pH neutro, los valores que van desde el 0 al 6 representan que son ácidos, los cuales son más propensos a causar corrosión, y los valores que van del 8 al 14 representan que son alcalinos (Ilustración 28).

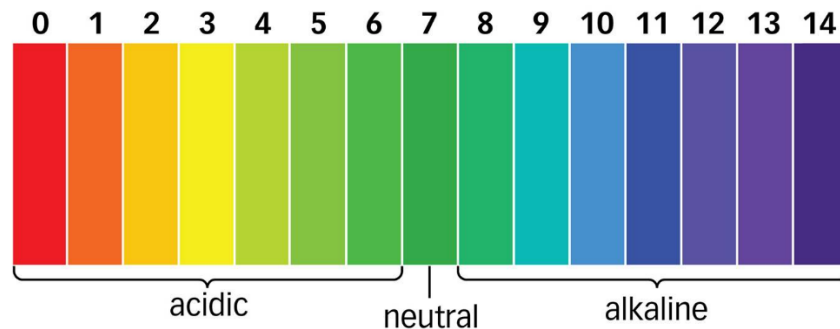


Ilustración 28: Rango de pH

Fuente: (GrowMax water, 2020)

- Potencial oxidación-reducción (ORP): El ORP es un indicador importante de la actividad oxidativa o reductora del sistema. Un ORP alto indica un ambiente más oxidante mientras que un ORP bajo indica un ambiente más reductor.

5.1 POTENCIAL 12% TIJERA

Se evaluó el comportamiento en voltaje del acero inoxidable en una celda electroquímica con una solución clorada al 12%. Los valores de voltaje registrados fueron todos negativos, estos indican que el acero inoxidable se encontraba corroído. La variación en los valores reflejo la dinámica del proceso de corrosión. Durante las mediciones 1-7 el voltaje a pesar de ser negativo presentó una tendencia hacia valores menores, esto indicó que fueron las horas en las que se encontró mayor actividad corrosiva. En las últimas mediciones se observó un comportamiento numérico progresando hacia el valor de cero, posiblemente indicando estabilización en la corrosión. (Ilustración 29).

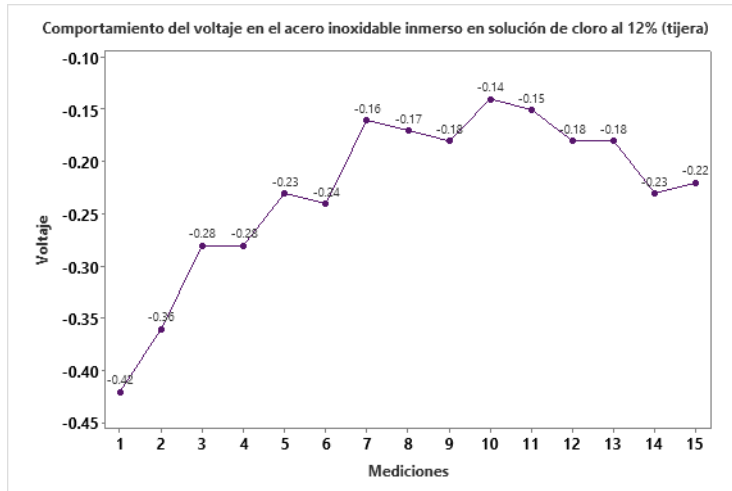


Ilustración 29: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

Por medio de la medición instrumental se lograron registrar quince (15) mediciones que oscilaron entre un rango de -0.42 V y -0.14 V. La variación entre los valores del límite inferior y el límite superior equivale a una magnitud de 0.28 V (tabla 15).

Tabla 15: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	Voltaje (V)
Medición 1	-0.42 V
Medición 2	-0.36 V
Medición 3	-0.28 V
Medición 4	-0.28 V
Medición 5	-0.23 V
Medición 6	-0.24 V
Medición 7	-0.16 V
Medición 8	-0.17 V
Medición 9	-0.18 V
Medición 10	-0.14 V
Medición 11	-0.15 V
Medición 12	-0.18 V
Medición 13	-0.18 V
Medición 14	-0.23 V
Medición 15	-0.22 V

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando los datos de las mediciones Instrumentales. Los datos recopilados, indicaron un promedio de -0.2280 V. La desviación estándar otorgó un valor de 0.0796 V y una varianza de 0.0063 V. Un coeficiente de variación de -34.90 señaló una variación relativa baja en comparación con la media. Las magnitudes en límites superior e inferior abarcaron desde -0.42 V hasta -0.1400 V, con un IQR de 0.1100 V, indicando la dispersión dentro de los valores centrales. La mediana, que estaba cerca de la media, fue de -0.2200 V. La moda, registrada en -0.18 V, exhibió la repetición más frecuente. Una asimetría de -1.25 V indicó la existencia de una cola más larga en los valores bajos, mientras que una curtosis de 1.23 V señaló una distribución puntiaguda. (Tabla 16 e ilustración 30).

Tabla 16: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Voltaje	15	0	-0.2280	0.0205	0.0796	0.0063	-34.90	-0.4200	-0.2800	-0.2200

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Voltaje	-0.1700	-0.1400	0.1100	-0.18	3	-1.25	1.23

Fuente: Elaboración propia

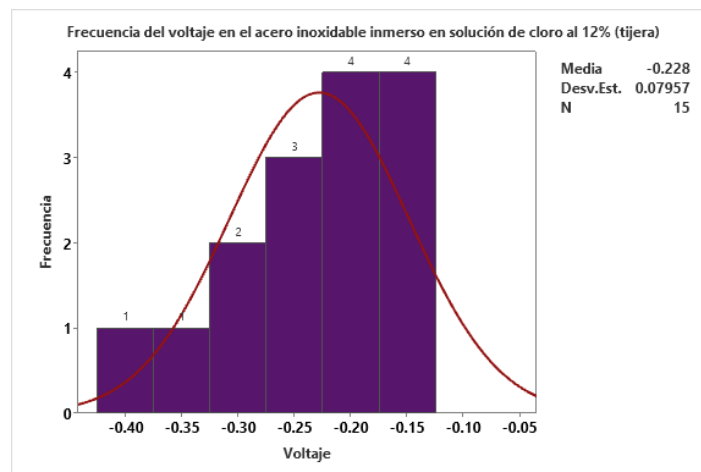


Ilustración 30: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.2 RESISTENCIA 12% TIJERA

Se obtuvo una variabilidad en los valores de resistencia que fueron registrados durante las mediciones. La primera medición presentó un valor de resistencia de 0.00 kiloohmios, mientras que las mediciones siguientes mostraron valores negativos que abarcaron un rango desde -6.01 hasta -3.98 kiloohmios. La presencia de estos valores negativos reflejó una disminución en la resistencia del acero inoxidable, lo que indicó un signo de corrosión debido a la exposición a la solución clorada. En las mediciones 4, 5 y 6, con resistencias de -5.48 k Ω , -4.28 k Ω y -5.16 k Ω , presentaron una reducción en la resistencia en dichas etapas del proceso de exposición. De la misma manera, las mediciones 13 y 14 exhibieron valores de resistencia de -4.45 k Ω y -5.51 kiloohmios, lo cual indicó una variación en la resistencia a medida que avanzaba el proceso corrosivo (Ilustración 31).

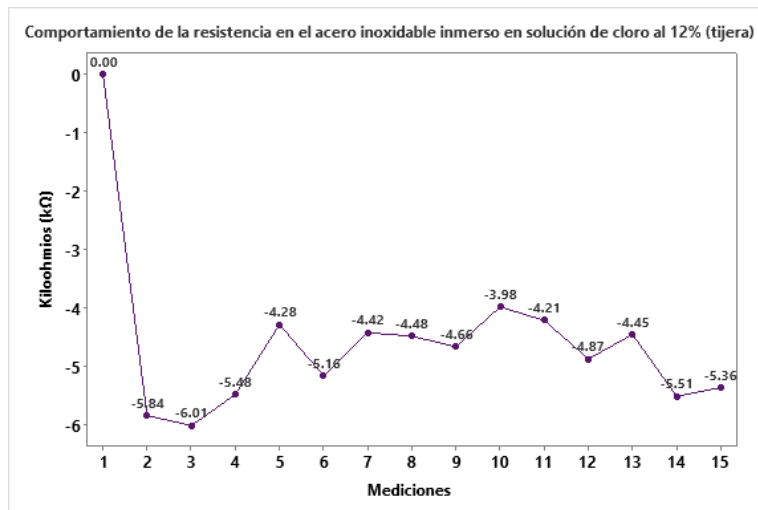


Ilustración 31: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

Por medio de la utilización de instrumentos de medición, se consiguieron registrar un total de quince (15) mediciones, las cuales fluctuaron en un intervalo comprendido entre -6.010 k Ω y 0.00 k Ω (tabla 17). Los valores indicaron una varianza de 1.997 k Ω (tabla 16).

Tabla 17: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	Kiloohmios (kΩ)
Medición 1	0.00 kΩ
Medición 2	-5.84 kΩ
Medición 3	-6.01 kΩ
Medición 4	-5.48 kΩ
Medición 5	-4.28 kΩ
Medición 6	-5.16 kΩ
Medición 7	-4.42 kΩ
Medición 8	-4.48 kΩ
Medición 9	-4.66 kΩ
Medición 10	-3.98 kΩ
Medición 11	-4.21 kΩ
Medición 12	-4.87 kΩ
Medición 13	-4.45 kΩ
Medición 14	-5.51 kΩ
Medición 15	-5.36 kΩ

Fuente: Elaboración propia

En el análisis estadístico, no fue posible determinar la moda (*), esto indica que no hay valores que se repitan con una frecuencia en este conjunto de mediciones. Las mediciones obtenidas reflejaron una media de -4.581 kΩ en las mediciones, acompañada por un error estándar de 0.365 kΩ. Se obtuvo desviación estándar de 1.413 kΩ y una varianza de 1.997 kΩ. El coeficiente de variación presento un valor de 30.85 kΩ. Los resultados de las mediciones abarcaron un rango que vario desde un valor mínimo de -6.010 kΩ hasta un máximo de 0.000 kΩ. El primer cuartil (Q1) se situó en -5.480 kΩ, mientras que el tercer cuartil (Q3) se estableció en -4.280 kΩ. Igualmente, la mediana se localizó en -4.660 kΩ. La asimetría fue positiva dado a que presento un valor mayor a 0. El valor de curtosis indica que existe una alta concentración de valores ya que tiene un valor de 8.60 kΩ (tabla 18 e ilustración 32).

Tabla 18: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Kilohmios (kΩ)	15	0	-4.581	0.365	1.413	1.997	-30.85	-6.010	-5.480
Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis	
Kilohmios (kΩ)	-4.660	-	0.000	1.200	*	0	2.61	8.60	
		4.280							

Fuente: Elaboración propia

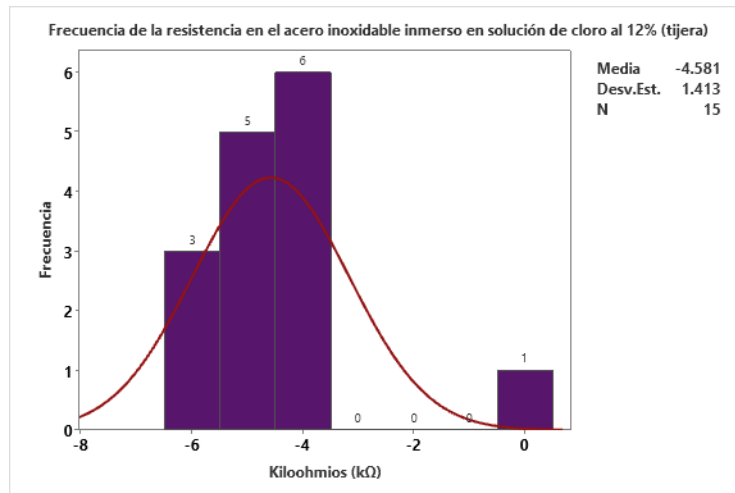


Ilustración 32: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.3 PH 12 % TIJERA

En las primeras mediciones se obtuvieron valores de 12 en el pH, con lo que se estableció que la solución era alcalina. Las diferencias que se observaron eran mínimas, con cambios en los decimales en los que se notó una disminución mínima en el paso de las horas, que vario entre 1 a 3 dígitos. Los valores continuaban presentando un descenso en los rangos de 12.33 a 12.05 entre la medición 4 a la 10. Esto represento una aceleración en el proceso corrosivo sobre el metal. Desde la medición 11, los valores disminuyeron a 10.28 hasta la última medición que fue de 9.93. Esto represento una aceleración de los agentes corrosivos de la solución actuando sobre el acero

inoxidable. Cuanto más bajo es el pH de la solución más rápido ocurre el proceso de corrosión (Ilustración 33).

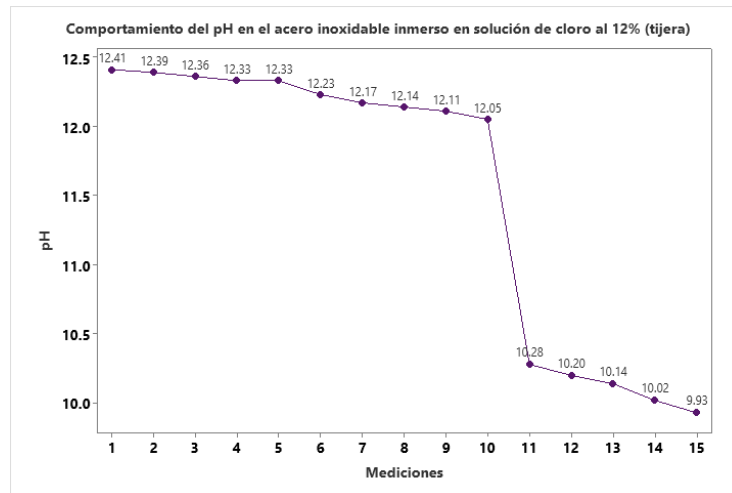


Ilustración 33: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

Con la ayuda de los instrumentos de medición, se realizaron quince (15) mediciones con rangos entre 12.41 a 9.93 (Tabla 19). Se obtuvo un media de 11.539, lo que representa que la solución siempre se mantuvo alcalina al paso de las horas del estudio, acompañado de un error estándar de 0.271. La desviación estándar de 1.051 y la varianza de 1.105, mostraron una dispersión de datos que se encontraban muy cerca de la media. El coeficiente de variación fue de 9.11, con un rango de 9.930 como mínimo y 12.410 como máximo. El primer cuartil fue de 10.200, la mediana de 12.140 y el tercer cuartil de 12.330, con un rango intercuartílico de 2.130. El modo obtenido fue de 12.33, el cual fue el valor con más repeticiones en los datos. La asimetría obtenida de -0.77 simbolizó una curva de asimetría negativa, ya que el valor es menor a 0. La curtosis obtenida fue de -1.55 con lo que se identificó como una baja concentración de valores (Tabla 20 e ilustración 34).

Tabla 19: pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	pH
Medición 1	12.41
Medición 2	12.39
Medición 3	12.36
Medición 4	12.33
Medición 5	12.33
Medición 6	12.23
Medición 7	12.17
Medición 8	12.14
Medición 9	12.11
Medición 10	12.05
Medición 11	10.28
Medición 12	10.20
Medición 13	10.14
Medición 14	10.02
Medición 15	9.93

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Error estándar de la										
Variable	N	N*	Media	media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH	15	0	11.539	0.271	1.051	1.105	9.11	9.930	10.200	12.140
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
pH	12.330	12.410	2.130	12.33	2	-0.77	-1.55			

Fuente: Elaboración propia

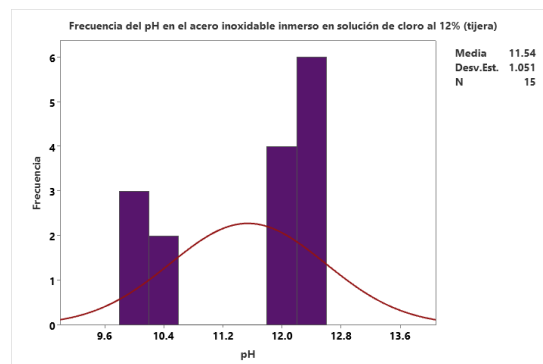


Ilustración 34: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 12%

Se obtuvieron datos que variaron en el tiempo, los cuales empezaron con mediciones muy bajas en el rango de los -300 mV en las primeras mediciones. Entre las mediciones 6 a la 10 se presentó un incremento en los valores, representados en los rangos de los -200 mV. Estas mediciones contaron con cambios de entre 2-3 dígitos en cada hora, indicando un aumento en el proceso de reducción sobre el metal en la solución clorada. Para las mediciones de la 11-15 se mostró un incremento mayor en sus datos, entre rangos de los -181 mV a los -160 mV. Las mediciones obtenidas en la concentración de cloro al 12%, la cual es alcalina, mostraron un incremento en sus valores haciendo efectivo el efecto de reducción en el material de estudio (Ilustración 35).

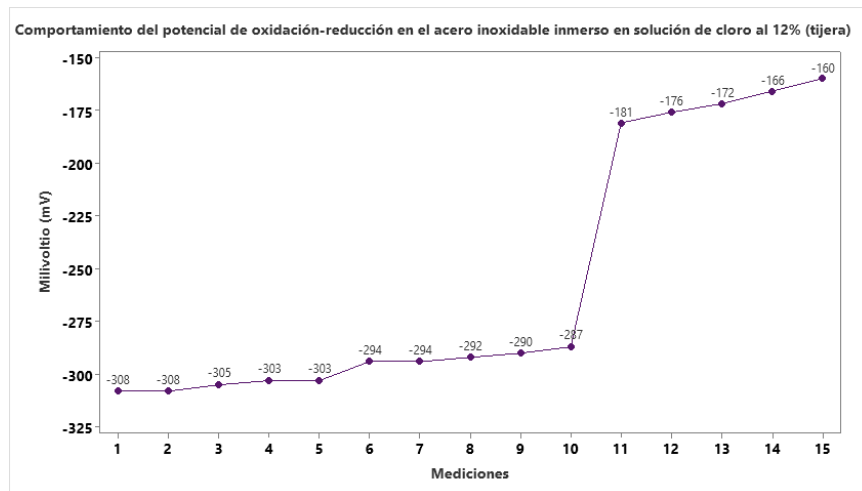


Ilustración 35: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

Durante las quince (15) mediciones se presentaron rangos de los -308 mV a los -160 mV (Tabla 21). La media fue de -255.9 con un error estándar de 16.2, indicando que el ORP de la solución de 12% se inclinó más al proceso de reducción sobre el metal al mantenerse negativa. La desviación estándar de 62.6 y la varianza de 3923.2 mostraron que la dispersión de la distribución de los datos se encontraba lejos de la media. El coeficiente variación obtenido era de -24.47, con un valor mínimo de -308.0 y un valor máximo de -160.0. El primer cuartil fue de 303.0, la mediana de -292.0 y el tercer cuartil con -176.0, con un rango intercuartílico de 127.0. En el

análisis estadístico se determinaron tres (3) modas: -308 mV, -303 mV y -294 mV. La asimetría se encontró con valor de 0.77, demostrando una curva de asimetría positiva, ya que es mayor a 0. Por otro lado, la curtosis contaba con un valor de -1.55 con lo que se definió que la concentración de valores era baja (Tabla 22 e ilustración 36).

Tabla 21: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 1	-308 mV
Medición 2	-308 mV
Medición 3	-305 mV
Medición 4	-303 mV
Medición 5	-303 mV
Medición 6	-294 mV
Medición 7	-294 mV
Medición 8	-292 mV
Medición 9	-290 mV
Medición 10	-287 mV
Medición 11	-181 mV
Medición 12	-176 mV
Medición 13	-172 mV
Medición 14	-166 mV
Medición 15	-160 mV

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Milivoltios (mV)	15	0	-255.9	16.2	62.6	3923.2	-24.47	-308.0	-303.0
									303.0
Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría		
Milivoltios (mV)	-292.0	-176.0	-160.0	127.0	-308, -303, -294	2	0.77		
Variable	Curtosis								
Milivoltios (mV)	-1.55								

Fuente: Elaboración propia

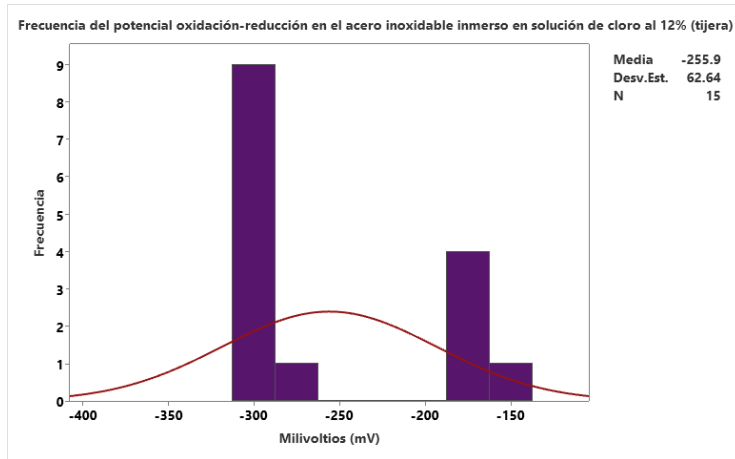


Ilustración 36: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.5 POTENCIAL 12% NIPLE

Los valores de voltaje registrados en la segunda solución clorada variaron en un rango desde -0.64 hasta -0.25. En las mediciones iniciales 1-6, los voltajes indicaban una alta polaridad negativa. Estos valores indicaron un proceso de corrosión mayormente activo en las etapas tempranas que en las etapas finales de la exposición a la solución. A partir de la medición 6 hasta la 15, se presentó una disminución en los valores de voltaje, lo que señala una reducción en la actividad corrosiva y una intención a la estabilidad de este proceso (Ilustración 37).

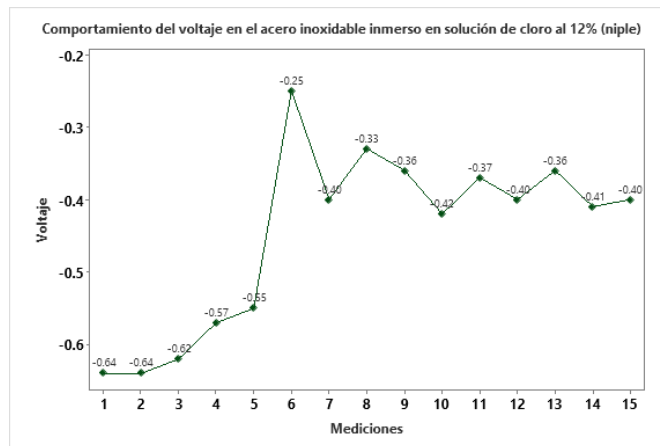


Ilustración 37: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

Llevando a cabo mediciones con instrumentales, se registraron un total de quince (15) mediciones (tabla 23) que se situaron en un espectro entre -0.6400 V y -0.2500 V. La asimetría fue negativa dado a que su valor fue de -0.46 V, con una mediana de -0.400 V. La moda, que representó el valor más común, fue -0.4 en 3 ocasiones. La media calculada de los voltajes fue de -0.4480 V, lo que sugería la presencia de un proceso de corrosión en el acero inoxidable. La desviación estándar fue de 0.1232 V y la varianza de 0.0152 V. La curtosis fue de -0.99 V eso indicó que era platicúrtica. El coeficiente de variación fue de -27.50 V (tabla 24 e ilustración 38).

Tabla 23: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	Voltaje
Medición 1	-0.64 V
Medición 2	-0.64 V
Medición 3	-0.62 V
Medición 4	-0.57 V
Medición 5	-0.55 V
Medición 6	-0.25 V
Medición 7	-0.4 V
Medición 8	-0.33 V
Medición 9	-0.36 V
Medición 10	-0.42 V
Medición 11	-0.37 V
Medición 12	-0.4 V
Medición 13	-0.36 V
Medición 14	-0.41 V
Medición 15	-0.4 V

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Voltaje	15	0	-0.4480	0.0318	0.1232	0.0152	-27.50	-0.6400	-0.5700	-0.4000
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
Voltaje	-0.3600	-0.2500	0.2100	-0.4	3	-0.46	-0.99			

Fuente: Elaboración propia

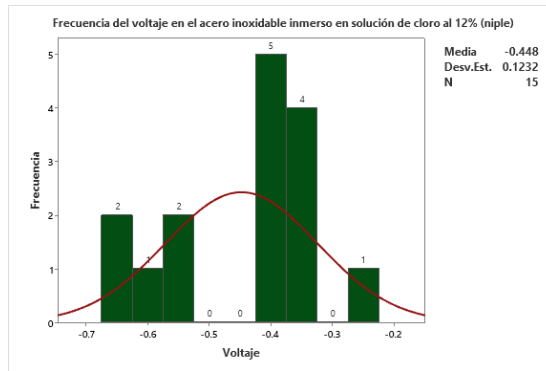


Ilustración 38: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.6 RESISTENCIA 12% NIPLE

La medición inicial presentó un valor de resistencia de 0.00 kilohmios, seguido por mediciones en distintas horas que presentaron valores negativos variando en el rango desde -8.10 kilohmios hasta -4.99 kilohmios (tabla 25). Estos valores negativos indicaron una reducción en la resistencia del acero inoxidable, lo que señaló corrosión debido a la influencia de la solución clorada. Las mediciones del 2 al 5 mostraron una disminución en la resistencia, con valores de -8.10 k Ω , -7.87 k Ω , -7.72 k Ω y -7.57 kilohmios. Por su parte, las mediciones del 6 al 9 presentaron una variación en la resistencia, oscilando en el intervalo entre -4.99 k Ω y -6.43 kilohmios. Las mediciones del 10 al 15 también revelaron una tendencia decreciente en la resistencia, con valores que se ubicaron entre -6.64 k Ω y -6.96 kilohmios (Ilustración 39).

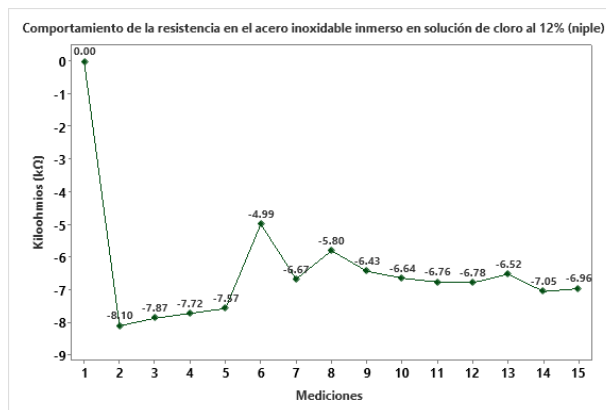


Ilustración 39: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

La media para estas mediciones fue de -6.391 kΩ, con un error estándar de 0.501 kΩ. Una desviación estándar de 1.939 kΩ y una varianza de 3.759 kΩ. El coeficiente de variación resultó ser -30.34 kΩ. La curtosis indico ser leptocúrtica con un valor de 9.38. Los valores de resistencia abarcaron desde un mínimo de -8.100 kΩ hasta un máximo de 0.000 kΩ (Tabla 25). Los cuartiles revelaron que el primer cuartil (Q1) se encontró en -7.570 kΩ, mientras que el tercer cuartil (Q3) se ubicó en -6.430 kΩ. La mediana se situó en -6.760 kΩ. La moda no se pudo determinar (*), esto indico que no se encontraron valores que se repitieran con frecuencia en estas mediciones. La asimetría fue 2.84 kΩ, esto indica que presento una curva positiva (Tabla 26 e ilustración 40).

Tabla 25: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	Kiloohmios (kΩ)
Medición 1	0.00 kΩ
Medición 2	-8.10 kΩ
Medición 3	-7.87 kΩ
Medición 4	-7.72 kΩ
Medición 5	-7.57 kΩ
Medición 6	-4.99 kΩ
Medición 7	-6.67 kΩ
Medición 8	-5.80 kΩ
Medición 9	-6.43 kΩ
Medición 10	-6.64 kΩ
Medición 11	-6.76 kΩ
Medición 12	-6.78 kΩ
Medición 13	-6.52 kΩ
Medición 14	-7.05 kΩ
Medición 15	-6.96 kΩ

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Kiloohmios (kΩ)	15	0	-6.391	0.501	1.939	3.759	-30.34	-8.100	-7.570	-6.760
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
Kiloohmios (kΩ)	-6.430	0.000	1.140	*	0	2.84	9.38			

Fuente: Elaboración propia

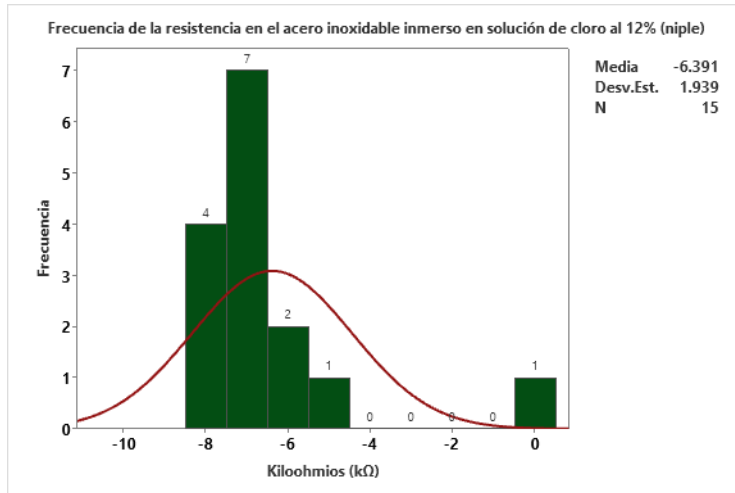


Ilustración 40: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.7 PH 12% NIPLE

En el primer rango de mediciones los valores iniciales estuvieron en un rango de 12, en los cuales también tuvieron cambios mínimos en sus decimales. La solución clorada seguía siendo alcalina. Entre la medición 1 y la medición 2, hubo un leve incremento de 12.37 a 12.41. Desde la medición 3 hasta la medición 10 los valores disminuyeron, de 12.36 hasta 12.10, representando un aceleramiento en el proceso corrosivo. A partir de las mediciones 11 a la 15, los valores disminuyeron de manera más rápida, desde 10.84 hasta 10.13 respectivamente, haciendo evidente la aceleración de los agentes corrosivos sobre el acero (Ilustración 41).

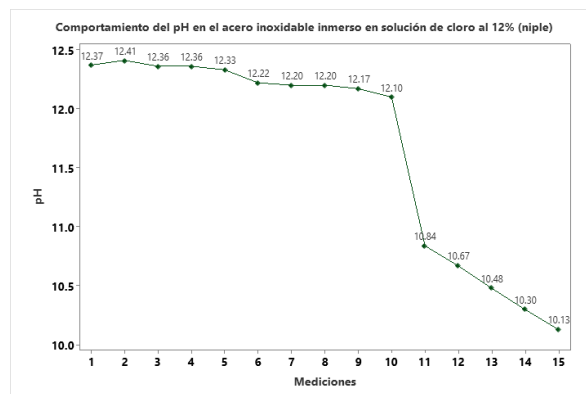


Ilustración 41: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

En las estadísticas obtenidas se mostró una media de 11.676, representando que la solución siempre se mantuvo alcalina, aunque hubo una disminución en los valores. La desviación estándar de 0.890 y la varianza de 0.791 señalaron una dispersión de datos que estaba muy cerca de la media. El coeficiente de variación obtenido fue de 7.62 con un rango de 10.130 como mínimo y 12.410 como valor máximo (Tabla 27). El cuartil uno (Q1) obtuvo un valor de 10.670, la mediana un valor de 12.200 y el tercer cuartil (Q3) un valor de 12.360 respectivamente, con un rango intercuartílico de 1.690. Se identificaron dos modos en los datos, 12.2 y 12.36, representando los valores más repetidos en las mediciones. Se evaluó que la curtosis, con un valor de -1.25, presentaba una baja concentración de valores y por ende se denominó como platicúrtica. En cuanto a la asimetría obtenida con un valor de -0.86, se señaló que la curva de asimetría es negativa debido a que es un valor menor a 0 (Tabla 28 e ilustración 42).

Tabla 27: pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	pH
Medición 1	12.37
Medición 2	12.41
Medición 3	12.36
Medición 4	12.36
Medición 5	12.33
Medición 6	12.22
Medición 7	12.20
Medición 8	12.20
Medición 9	12.17
Medición 10	12.10
Medición 11	10.84
Medición 12	10.67
Medición 13	10.48
Medición 14	10.30
Medición 15	10.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH	15	0	11.676	0.230	0.890	0.791	7.62	10.130	10.670	12.200

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
pH	12.360	12.410	1.690	12.2, 12.36	2	-0.86	-1.25

Fuente: Elaboración propia

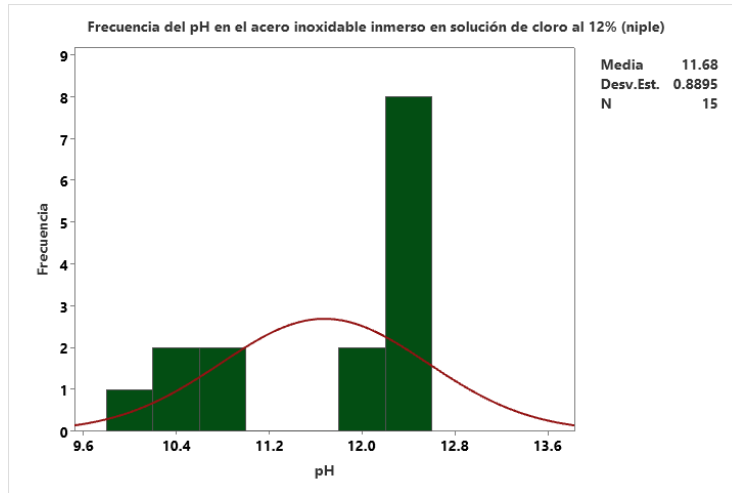


Ilustración 42: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%.

Fuente: Elaboración propia

5.8 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 12% NIPLE

Se presentó un aumento progresivo en las cifras obtenidas. Estas cifras tuvieron inicio en valores de -300 mV y estas fueron incrementando a medida que pasaban las horas de medición. De la medición uno (1) a la medición seis (6), los valores estaban desde -306 mV hasta los -290 mV, lo que implicó que el proceso corrosivo estuviera activo. De la medición siete (7) a la medición nueve (9) los valores disminuyeron en un rango de -296 mV a los 293 mV, volviendo a incrementar a -290 mV en la medición diez (10). Las cifras se elevaron de -214 mV a -172 mV entre las

mediciones once (11) a la quince (15), con lo que se estableció un aumento en el fenómeno de corrosión (Ilustración 43).

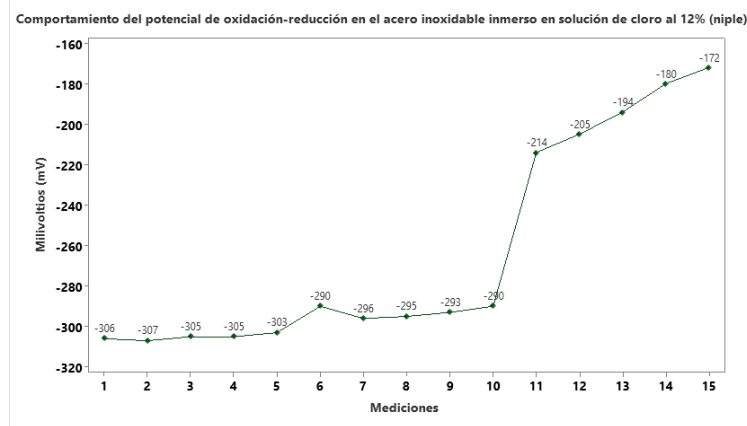


Ilustración 43: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

Por medio de la medición instrumental se obtuvieron quince (15) mediciones (Tabla 29), en donde la media fue de -263.7 con un error estándar de 13.6. Estos valores reflejaron como el proceso de corrosión estaba activo en forma de reducción. La desviación estándar de 52.8 con una varianza de 2791.0, indicaron que la dispersión de la distribución de los datos estaba situada lejos de la media. El coeficiente de varianza de -20.04 contaba con un valor mínimo de -307.0 mV y un valor máximo de -172.0 mV (Tabla). El primer cuartil (Q1) mostro un valor de -305.0, la mediana con -293.0 y un tercer cuartil (Q3) de -205.0, con un rango intercuartílico de 100.0. Se identificaron dos (2) modas: -305 y -290, siendo los valores con mayor frecuencia de repeticiones. La asimetría planteada fue de 0.86, que represento una curva de asimetría positiva por ser mayor a 0. Por otro lado, se obtuvo una curtosis de -1.23, indicando una baja concentración de valores o platicúrtica (Tabla 30 e ilustración 44).

Tabla 29: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 1	-306 mV
Medición 2	-307 mV
Medición 3	-305 mV
Medición 4	-305 mV
Medición 5	-303 mV
Medición 6	-290 mV
Medición 7	-296 mV
Medición 8	-295 mV
Medición 9	-293 mV
Medición 10	-290 mV
Medición 11	-214 mV
Medición 12	-205 mV
Medición 13	-194 mV
Medición 14	-180 mV
Medición 15	-172 mV

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Milivoltios (mV)	15	0	-263.7	13.6	52.8	2791.0	-20.04	-307.0	-305.0
Variable			Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría
Milivoltios (mV)			-293.0	205.0	-172.0	100.0	-305, -290	2	0.86
Variable			Curtosis						
Milivoltios (mV)			-1.23						

Fuente: Elaboración propia

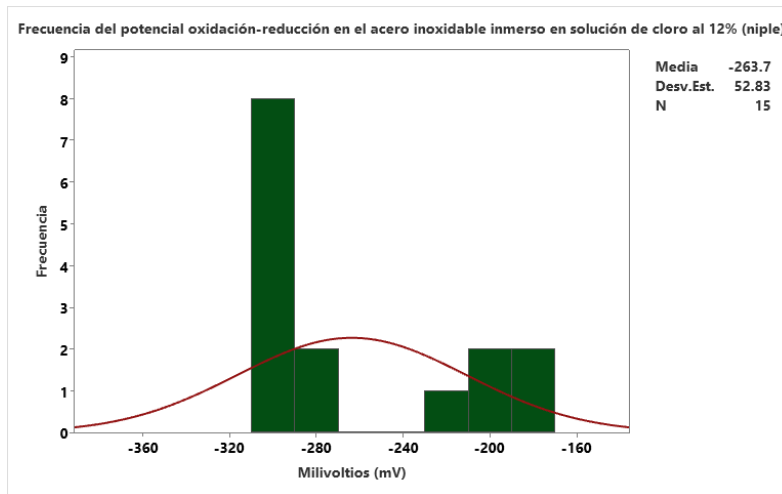


Ilustración 44: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.9 12% TIJERA Y NIPLE

5.9.1 POTENCIAL

Los registros de voltaje fueron negativos para ambos metales, indicaron una condición de corrosión en acero inoxidable. En las mediciones iniciales 1-7 de la primera solución, a pesar de ser negativos, el voltaje demostró una tendencia a disminuir, expresando una mayor actividad corrosiva en esas fases. Además, se observó una dirección hacia valores menos negativos de voltaje hacia el cierre del proceso. Por otro lado, los resultados de voltaje en la segunda solución variaron desde -0.64 V hasta -0.25 V. La tendencia indicó que durante las mediciones iniciales 1-6, los voltajes eran más negativos en comparación con las mediciones siguientes. Estos hallazgos podrían indicar una actividad corrosiva más intensa en las primeras etapas de exposición a la solución en comparación con las fases finales. A medida que las mediciones progresaron desde la 6 hasta la 15, se evidenció una disminución en los valores de voltaje, representando una reducción en la actividad corrosiva y un acercamiento a una fase más estable del proceso en estudio (Ilustración 45).

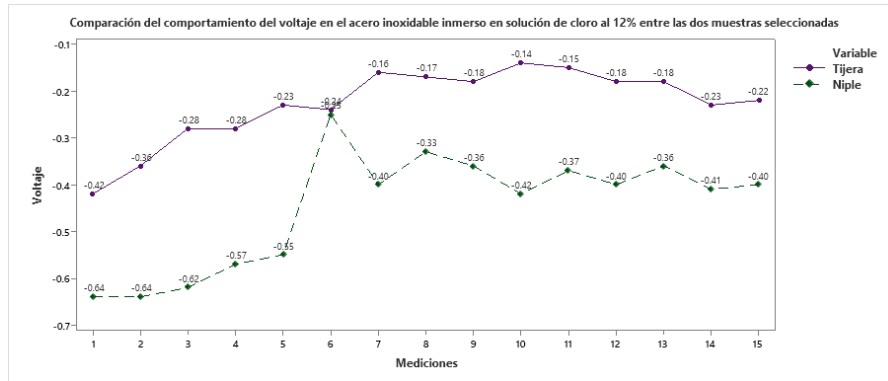


Ilustración 45: Comparación del comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.9.2 RESISTENCIA

Los datos presentaron mediciones de resistencia en dos series distintas. En la primera serie de mediciones, los valores de resistencia abarcan desde 0.00 kΩ hasta -5.51 kΩ, mientras que, en la segunda serie, los valores variaban entre -8.10 kΩ y -6.96 kΩ. La presencia de valores negativos en la resistencia indicó una reducción en la capacidad del acero inoxidable. Al comparar ambas series de mediciones, los valores de resistencia en la segunda serie eran consistentemente más bajos en comparación con los de la primera serie. Esto indicó una corrosión más intensa en la segunda serie de mediciones, dado a que los valores de resistencia generalmente más negativos (Ilustración 46).

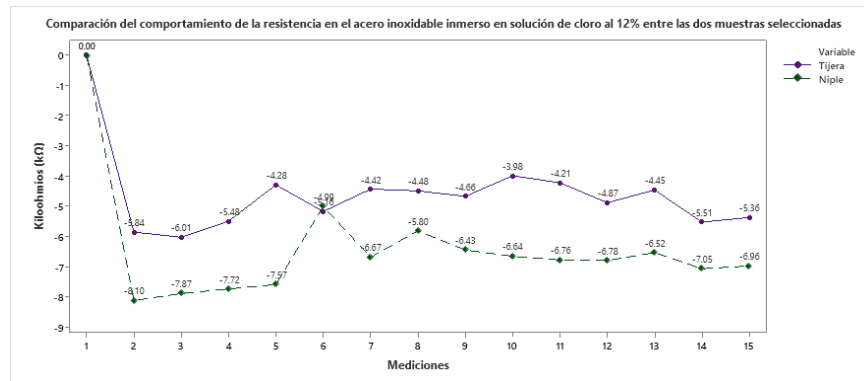


Ilustración 46: Comparación del comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.9.3 pH

En las dos series de mediciones del pH se presentaron valores iniciales que estuvieron en los rangos de 12, entre las mediciones 1 a la 10. En ambas series los valores fueron disminuyendo de forma leve entre esos intervalos. Para las mediciones 11 a la 15, en ambos escenarios la disminución fue mucho mayor llegando hasta valores de 10, representando una alta actividad corrosiva en las soluciones. La solución que contenía la tijera obtuvo el valor más bajo de pH de ambas series, con un valor de 9.93, mostrando que se produjo una corrosión más activa y rápida (Ilustración 47).

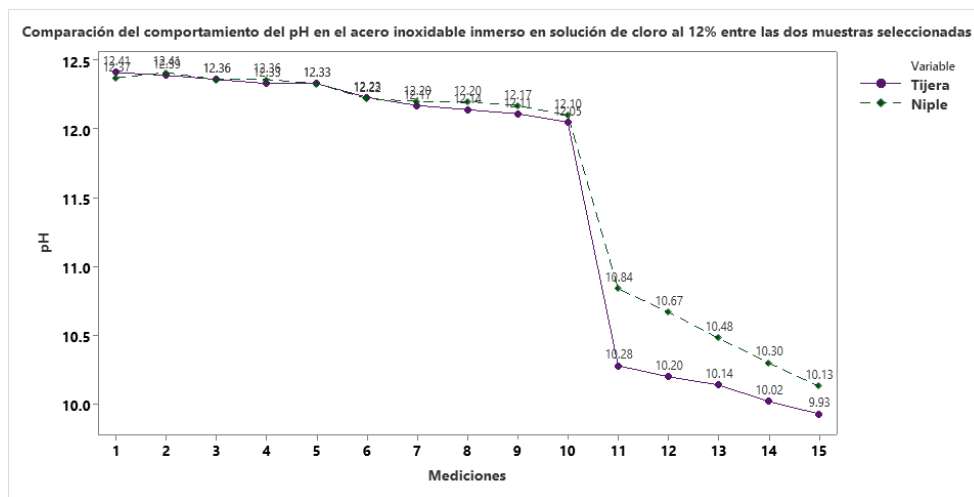


Ilustración 47: Comparación del comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.9.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP)

Las dos series de los metales contaron con un inicio similar en sus mediciones, empezando con rangos muy bajos de -300 mV con sus respectivas variaciones entre la medición uno (1) hasta la medición (5). Las mediciones siguieron incrementando con el paso de las horas, de esta forma el proceso de corrosión iba aumentando sobre el acero inoxidable. Comparando las dos series se observó que la solución que contenía la tijera presento valores más altos, llegando hasta los -160 mV, con lo que se indicó una corrosión más intensa y rápida (Ilustración 48).

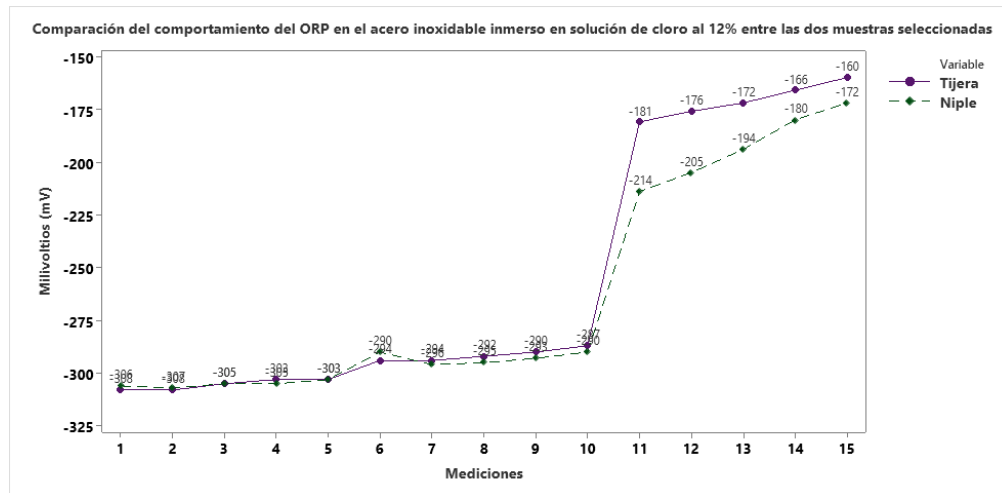


Ilustración 48: Comparación del comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.10 COMPARACIÓN RESISTENCIA/VOLTAJE

Se realizó una comparación entre la resistencia y el voltaje para asegurar la coherencia de los datos. Esto se basó en la ley de Ohm, que establece que, si la corriente se mantenía constante, la resistencia y el voltaje mantenían una relación proporcional.

En las mediciones del voltaje tomadas en la tijera y el niple, se observó la ausencia de valores positivos, pero se registraron valores menores a lo largo de las mediciones. Esto sugería que el proceso corrosivo había ocurrido de manera leve. De manera similar, en las mediciones de resistencia, prevaleció la polarización negativa. Esto indicó que, aunque la corrosión no fue agresiva, mantuvo una tasa constante de corrosión elevada. Al igual que en las mediciones de voltaje, los valores de resistencia experimentaron variaciones a medida que se realizaban las mediciones.

Entre estos valores existió una variación, debido a que los productos de corrosión se adhirieron a las superficies de los electrodos que se encontraban dentro de la celda y en la interfaz que interactuaba con estos (Ilustraciones 49 y 50).

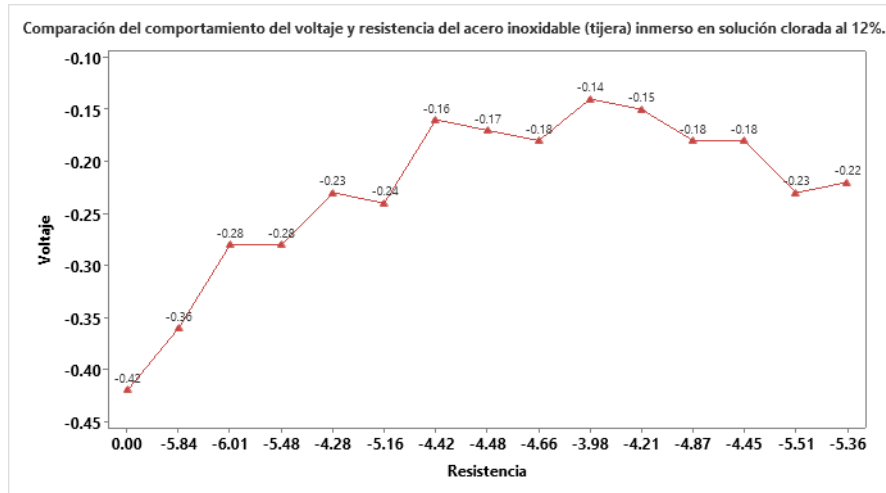


Ilustración 49: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

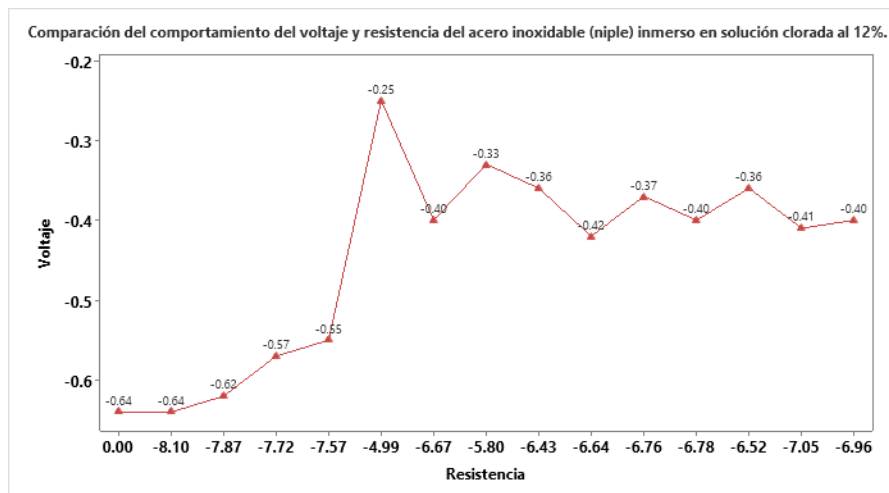


Ilustración 50: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.11 COMPARACIÓN PH/ORP

Se hizo un análisis de los datos obtenidos con el propósito de corroborar los datos. En una solución si el pH de la solución es alto y el potencial de oxidación-reducción es bajo, significa que las condiciones son más favorables para que ocurra una reducción y no una oxidación. Por otro lado, si el pH de la solución es bajo y el potencial de oxidación-reducción es alto, ocurriría un efecto de oxidación y no de reducción sobre el metal.

En las mediciones obtenidas en las dos series de la concentración del 12% se pudo observar que la solución siempre estuvo en rangos de 12 hasta llegar a rangos de 10, lo que indico que siempre se mantuvo con un pH alto y que era una solución alcalina, aunque iba en disminución. Por otro lado, el ORP mantuvo valores negativos empezando desde los -300 mV hasta los -100 mV manteniéndose en una escala muy baja, aunque iba incrementando. Con los datos obtenidos y la información brindada se pudo establecer que si existió una relación entre los datos del pH y el ORP que causaron una reacción oxidativa sobre el acero inoxidable (Ilustraciones 51 y 52).

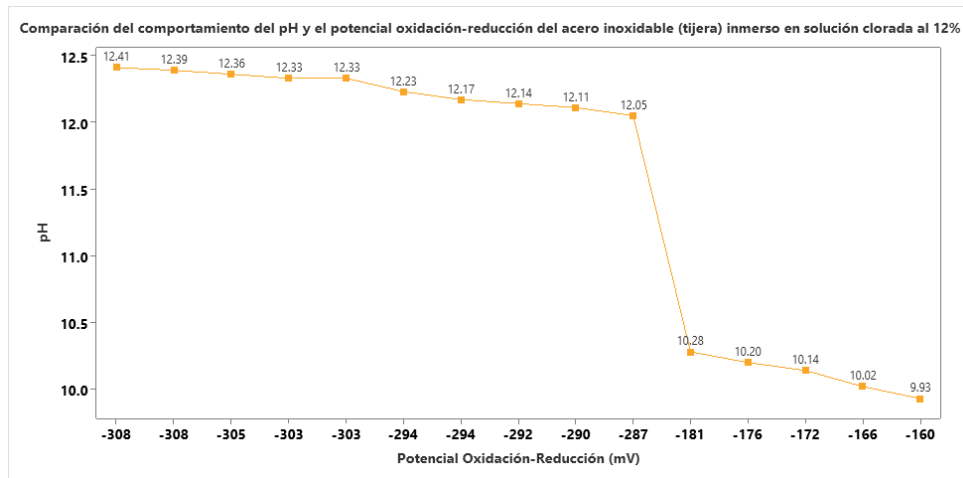


Ilustración 51: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

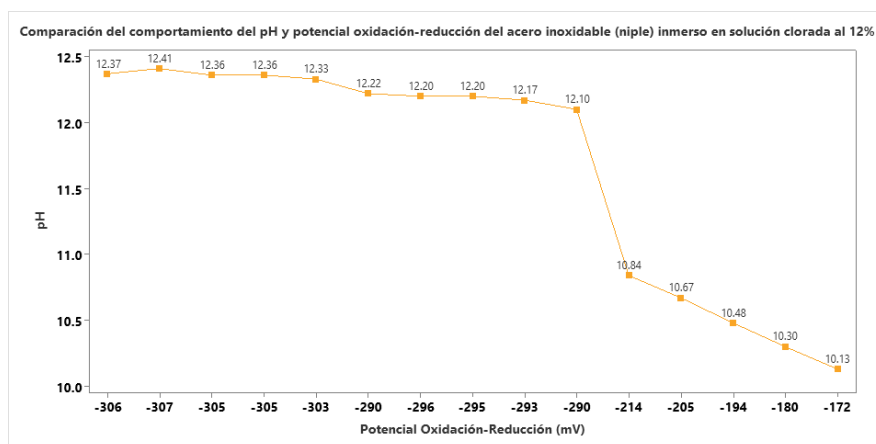


Ilustración 52: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 12%

Fuente: Elaboración propia

5.12 POTENCIAL 70% TIJERA

Los valores de voltaje variaron en un rango desde -0.69 V hasta -0.51 V. Los valores que indicaron un mayor cambio fueron -0.69 V, -0.52 V y -0.61 V. Los valores que predominaron fueron negativos, lo cual indicó la presencia de un proceso de corrosión en el acero inoxidable. A pesar de que los valores de voltaje se mantuvieron negativos, no alcanzaron niveles extremadamente bajos, lo que indicó que el proceso de corrosión no fue particularmente agresivo en las quince (15) mediciones. La variación entre los valores de voltaje en las diferentes mediciones fue reducida (Ilustración 53).

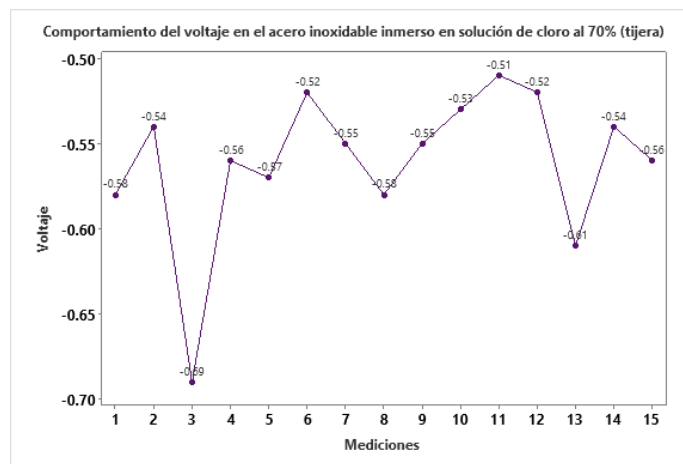


Ilustración 53: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis descriptivo que correspondió a un total de 15 mediciones de voltaje. La media de los voltajes fue de -0.5607 V, lo que indicaba una tendencia hacia valores negativos y, de manera similar, la presencia de corrosión en el acero inoxidable. Una desviación estándar de 0.0446 V y la varianza de 0.0020 V. El coeficiente de variación de -7.96 V y una asimetría negativa de -1.84 V. Se estableció un rango de voltaje desde -0.6900 V hasta -0.5100 V (Tabla 31). La mediana fue de -0.5500 V, manteniéndose cercana a la media. La se encontraron varios valores modos, específicamente -0.58 V, -0.56 V, -0.55 V y -0.54 V, señalo que estos voltajes fueron frecuentes en las mediciones. Además, una curtosis leptocúrtica de 4.52 V (Tabla 32 e ilustración 54).

Tabla 31: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	Voltaje
Medición 1	-0.58 V
Medición 2	-0.54 V
Medición 3	-0.69 V
Medición 4	-0.56 V
Medición 5	-0.57 V
Medición 6	-0.52 V
Medición 7	-0.55 V
Medición 8	-0.58 V
Medición 9	-0.55 V
Medición 10	-0.53 V
Medición 11	-0.51 V
Medición 12	-0.52 V
Medición 13	-0.61 V
Medición 14	-0.54 V
Medición 15	-0.56 V

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Voltaje	15	0	-0.5607	0.0115	0.0446	0.0020	-7.96	-0.6900	-0.5800	-0.5500
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda		Asimetría			
Voltaje	-0.5300	-0.5100	0.0500	-0.58, -0.56, -0.55, -0.54	2		-1.84			
Variable		Curtosis								
Voltaje	4.52									

Los datos contienen por lo menos cinco valores de moda. Sólo se muestran los cuatro más pequeños.

Fuente: Elaboración propia

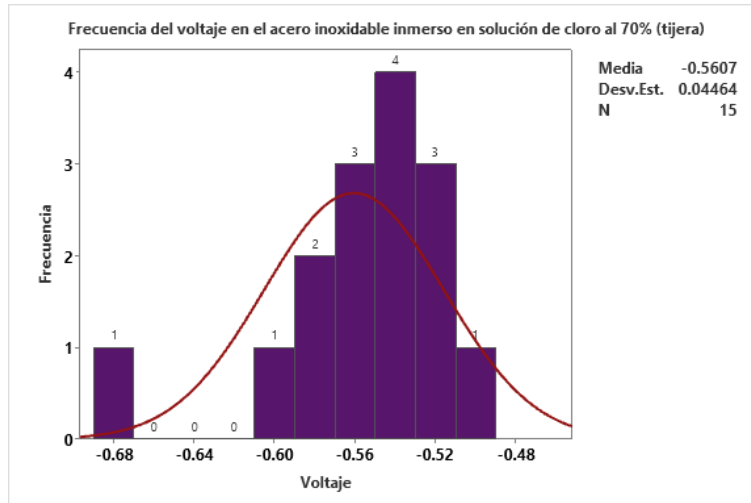


Ilustración 54: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.13 RESISTENCIA 70% TIJERA

Los valores de resistencia mostraron una tendencia a disminuir, lo cual señaló una degradación del material debido a la corrosión. La medición inicial presentó un valor de resistencia de 0.00 k Ω , mientras que las mediciones siguientes exhibieron valores negativos que oscilaban desde -7.86 hasta -6.57 k Ω . Se pudo observar que las mediciones 2 a 15 presentaron valores de resistencia negativos (Tabla 33), lo que indicó una disminución en la resistencia a medida que avanzaba la exposición a la solución clorada. Las mediciones 4, 5 y 13 mostraron resistencias ligeramente bajas en comparación con las mediciones, lo que podría indicar momentos de mayor actividad corrosiva durante esas etapas (Ilustración 55).

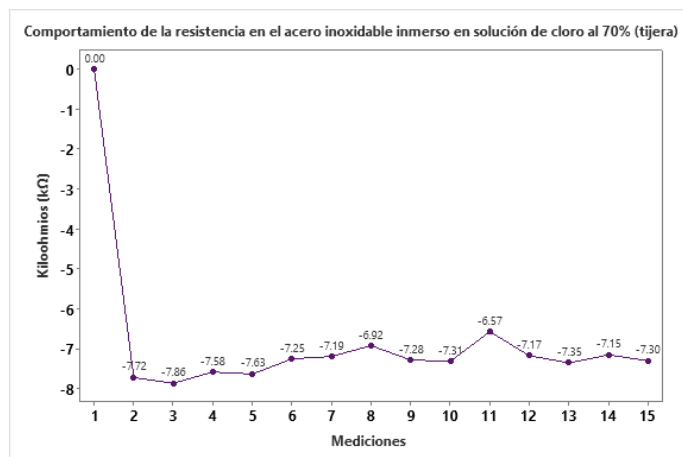


Ilustración 55: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	Kiloohmios (kΩ)
Medición 1	0 kΩ
Medición 2	-7.72 kΩ
Medición 3	-7.86 kΩ
Medición 4	-7.58 kΩ
Medición 5	-7.63 kΩ
Medición 6	-7.25 kΩ
Medición 7	-7.19 kΩ
Medición 8	-6.92 kΩ
Medición 9	-7.28 kΩ
Medición 10	-7.31 kΩ
Medición 11	-6.57 kΩ
Medición 12	-7.17 kΩ
Medición 13	-7.35 kΩ
Medición 14	-7.15 kΩ
Medición 15	-7.3 kΩ

Fuente: Elaboración propia

La curtosis fue de 14.00 kΩ lo que indico que era leptocurtica. La media calculada para estas mediciones fue de -6.819 kΩ, con un error estándar de 0.494 kΩ. La desviación estándar fue de 1.913 kΩ y la varianza de 3.659 kΩ. La moda no fue posible de determinar (*), lo que indico que no hubo valores que se repitieran con mayor frecuencia en estas mediciones. La asimetría fue

positiva dado a que presento un valor de 3.69 kΩ. El coeficiente de variación fue de -28.05 kΩ, lo que indico una variabilidad alta en comparación con la media. Los valores de resistencia variaron desde un mínimo de -7.860 kΩ hasta un máximo de 0.000 kΩ. El primer cuartil (Q1) se ubicó en -7.580 kΩ, mientras que el tercer cuartil (Q3) se situó en -7.150 kΩ. La mediana se encontró en -7.280 kΩ (Tabla 34 e ilustración 56).

Tabla 34: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Kiloohmios (kΩ)	15	0	-6.819	0.494	1.913	3.659	-28.05	-7.860	-7.580
Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis	
Kiloohmios (kΩ)	-7.280	-7.150	0.000	0.430	*	0	3.69	14.00	

Fuente: Elaboración propia

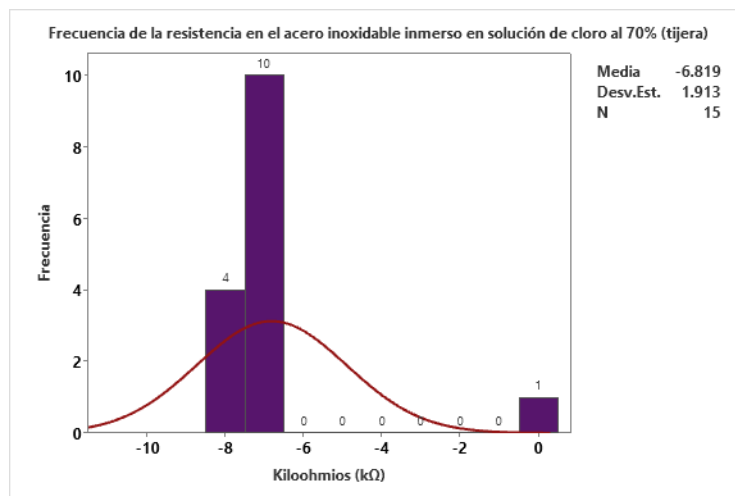


Ilustración 56: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.14 PH 70% TIJERA

Para la concentración del 70%, se obtuvieron valores menores a los obtenidos en la concentración de 12%. Valores en el rango de 9, que todavía se consideró como una solución alcalina. Estas mediciones representaron una disminución más notable en cada hora que se realizó. De la medición 1 a la 6 los valores disminuyeron de 9.38, el cual fue el valor inicial, a 8.58. Esto representó un incremento en la actividad corrosiva de la solución. Entre la medición 6 y 7 volvió a incrementar levemente por 9 dígitos, pasando de 8.58 a 8.67, para volver a descender 3 dígitos, quedando en 8.64, en la medición 8. Desde la medición 9 hasta la 12 los valores continuaron descendiendo más, desde 8.64 hasta 8.38, aumentando el proceso corrosivo. Entre la medición 12 y 13 hubo otro incremento de 8 dígitos, la cual volvió a descender 2 dígitos entre las mediciones 14 y 15, con valores de 8.44 constantes. En estos puntos la corrosión se volvió más lenta (Ilustración 57).

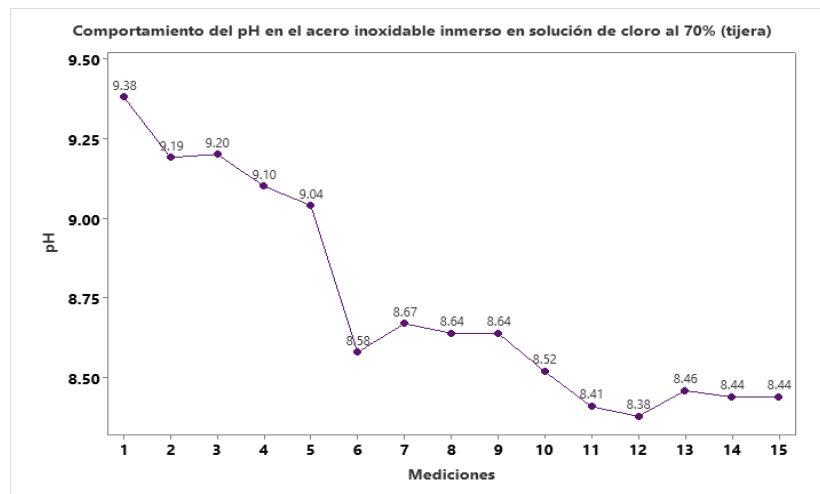


Ilustración 57: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

En las estadísticas de la solución del 70% se obtuvo una media de 8.7393, el cual representa un valor muy bajo pero que sigue manteniendo a la solución en una escala alcalina. La desviación estándar de 0.3422 y la varianza de 0.1171 señalaron una dispersión de la distribución de los datos cerca de la media. El coeficiente de variación fue de 3.92, con el valor mínimo de 8.3800 y el valor máximo de 9.3800 (Tabla 35). El primer cuartil fue de 8.4400, con una mediana de 8.6400 y el tercer cuartil de 9.1000, con un rango intercuartílico de 0.6600. Las estadísticas

contaron con dos modos, 8.44 y 8.64, los cuales fueron los valores más repetidos en las mediciones. La asimetría obtenida fue de 0.72, lo cual señaló una curva de asimetría positiva. En cuanto a la curtosis, con un valor de -1.09, se observó que era platicúrtica, debido a que contaba con una baja concentración de valores (Tabla 36 e ilustración 58).

Tabla 35: pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	pH
Medición 1	9.38
Medición 2	9.19
Medición 3	9.20
Medición 4	9.10
Medición 5	9.04
Medición 6	8.58
Medición 7	8.67
Medición 8	8.64
Medición 9	8.64
Medición 10	8.52
Medición 11	8.41
Medición 12	8.38
Medición 13	8.46
Medición 14	8.44
Medición 15	8.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH	15	0	8.7393	0.0883	0.3422	0.1171	3.92	8.3800	8.4400	8.6400
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
pH	9.1000	9.3800	0.6600	8.44, 8.64	2	0.72	-1.09			

Fuente: Elaboración propia

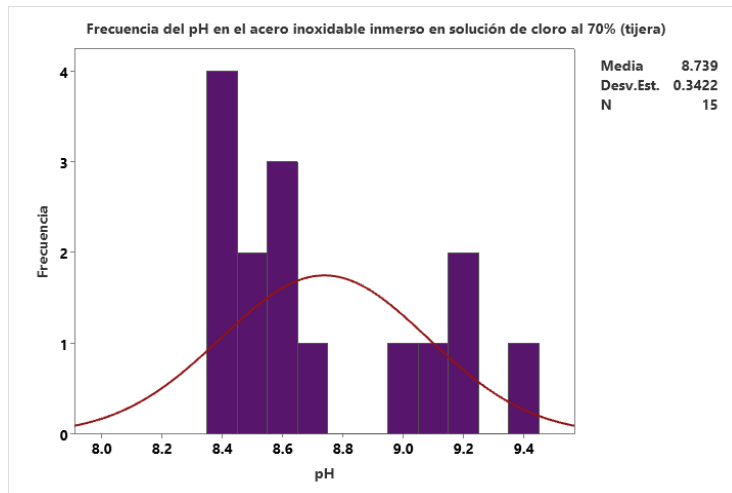


Ilustración 58: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero AISI 304 inoxidable (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.15 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 70% TIJERA

Se obtuvieron las primeras mediciones con datos en los rangos de los -100 mV, pero que presentaron un incremento en lo que pasaban las horas del estudio. Desde la primera medición hasta la sexta (1-6), se obtuvieron valores que oscilaron entre -125 mV y -74 mV, lo que indicó un aumento en el fenómeno de corrosión en el acero inoxidable en forma de reducción. En las mediciones siete (7), ocho (8) y nueve (9) hubo una disminución de los valores, específicamente con cifras en -83 mV y -81 mV. En las mediciones diez (10) a la doce (12) se presentó un aumento en los números, entre -74 mV a -68 mV, los cuales volvieron a descender en las últimas mediciones quedando en una cifra de -70. Todas las variaciones observadas en los datos indicaron que el proceso corrosivo tuvo un desarrollo gradual en el cual se presentaron mediciones tanto altas como bajas (Ilustración 59).

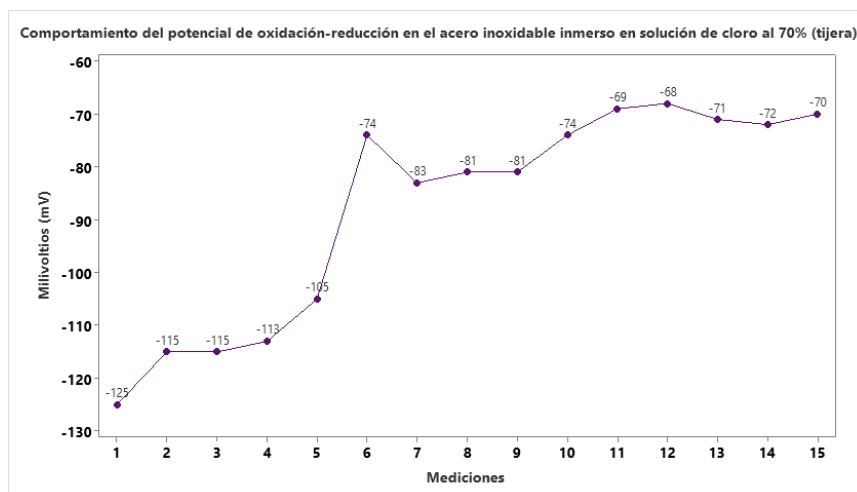


Ilustración 59: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

Con el análisis realizado a las quince (15) mediciones (Tabla 37), se registraron datos que oscilaron entre -125 mV y -68 mV. Se determinó que la media calculada fue de -87.73 con un error estándar de 5.29, lo cual represento que la solución tuvo un promedio de ORP bajo que causo un efecto de corrosión más prolongado. La desviación estándar obtenido fue de 20.50 y la varianza de 420.35. El coeficiente de variación era de -23.37. El primer cuartil fue de -113.00, con una mediana de 81.00 y el tercer cuartil de -71.00, con un IQR de 42.00. Se identificaron tres (3) modas: -115, -81, -74. La asimetría se mostró como una curva negativa con un valor de -0.76. La curtosis fue platicúrtica debido a que se estableció en un valor de -1.21 (Tabla 38 e ilustración 60).

Tabla 37: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 1	-125 mV
Medición 2	-115 mV
Medición 3	-115 mV
Medición 4	-113 mV
Medición 5	-105 mV
Medición 6	-74 mV
Medición 7	-83 mV
Medición 8	-81 mV
Medición 9	-81 mV
Medición 10	-74 mV
Medición 11	-69 mV

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 12	-68 mV
Medición 13	-71 mV
Medición 14	-72 mV
Medición 15	-70 mV

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Milivoltios (mV)	15	0	-87.73	5.29	20.50	420.35	-23.37	-125.00	-
113.00									
Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda Asimetría			
Milivoltios (mV)	-81.00	-	-68.00	42.00	-115, -81, -74	2	-0.76		
		71.0	0						
Variable	Curtosis								
Milivoltios (mV)	-1.21								

Fuente: Elaboración propia

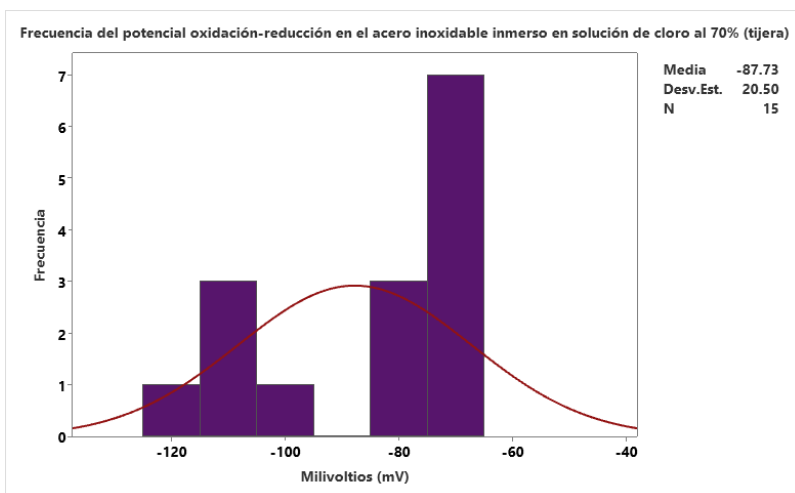


Ilustración 60: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.16 POTENCIAL 70% NIPLE

Los valores de voltaje abarcaron un rango desde -1.03 hasta -0.72. Los datos revelaron que la mayoría de los valores de voltaje registrados eran negativos, lo cual indicó la presencia de un proceso corrosivo en el acero inoxidable debido a la exposición a la solución clorada. Las mediciones 5, 6 y 10 exhibieron valores de voltaje particularmente bajos, señalando momentos de mayor actividad corrosiva. Sin embargo, no se trató de los valores más bajos presentes en estas mediciones; en las mediciones 11, 12 y 13, los valores de voltaje experimentaron una reducción, descendiendo hasta -1.02 y -1.03. Estos valores dieron a entender un aumento en la actividad corrosiva durante esos intervalos de tiempo específicos (Ilustración 61).

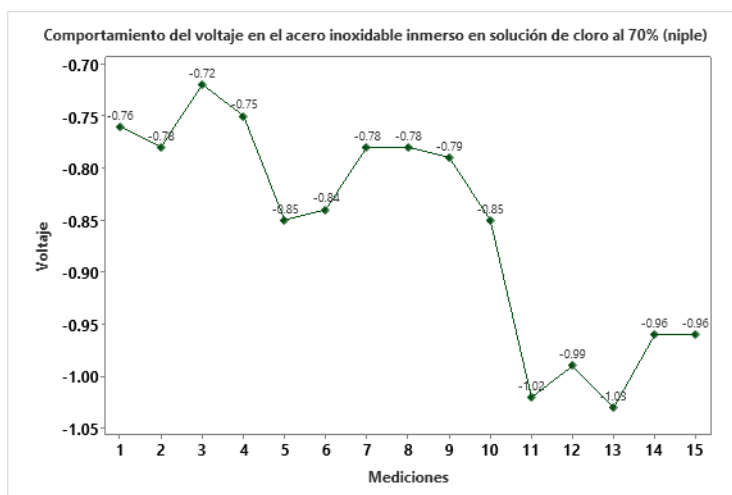


Ilustración 61: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

Los datos comprendieron un total de 15 mediciones de voltaje (Tabla 39). La curtosis fue platicúrtica dado a que se estableció en un valor de -1.32 V. La media calculada de los voltajes fue de -0.8573 V. La desviación estándar fue de 0.0274 V y la varianza de 0.0113 V. El coeficiente de variación de -12.38 V y una asimetría de 0.52 V. El rango de los valores de voltaje abarcó desde -1.0300 V hasta -0.7200 V. La mediana de los voltajes se ubicó en -0.8400, manteniéndose cercana a la media. La presencia de tres valores modales en -0.78 V señalo que este fue el voltaje más frecuentado en las mediciones. Finalmente, una asimetría negativa de -0.52V (Tabla 40 e ilustración 62)

Tabla 39: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	Voltaje
Medición 1	-0.76 V
Medición 2	-0.78 V
Medición 3	-0.72 V
Medición 4	-0.75 V
Medición 5	-0.85 V
Medición 6	-0.84 V
Medición 7	-0.78 V
Medición 8	-0.78 V
Medición 9	-0.79 V
Medición 10	-0.85 V
Medición 11	-1.02 V
Medición 12	-0.99 V
Medición 13	-1.03 V
Medición 14	-0.96 V
Medición 15	-0.96 V

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Voltaje	15	0	-0.8573	0.0274	0.1061	0.0113	-12.38	-1.0300	-0.9600	-0.8400

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Voltaje	-0.7800	-0.7200	0.1800	-0.78	3	-0.52	-1.32

Fuente: Elaboración propia

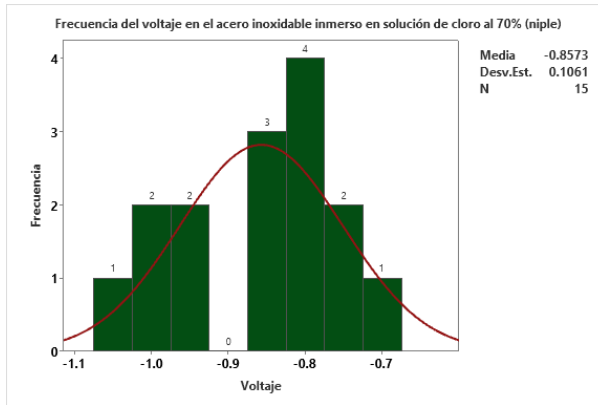


Ilustración 62: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.17 RESISTENCIA 70% NIPLE

La medición inicial registró un valor de resistencia de 0.00 k Ω , mientras que las mediciones siguientes mostraron valores negativos que variaron desde -8.38 hasta -7.96 k Ω . Estos valores negativos sugirieron una disminución en la resistencia del acero inoxidable debido a la exposición a la solución clorada. Los datos, indicaron una tendencia hacia valores de resistencia más bajos a medida que las mediciones avanzaban. Las mediciones 2 a 5 tuvieron resistencias en el rango de -8.38 a -8.09 k Ω (Tabla 41), indicando una disminución constante en la resistencia en estas etapas. Las mediciones 6 a 9 también mostraron valores de resistencia más altos en comparación con las mediciones anteriores, oscilando entre -7.90 y -7.56 k Ω (Ilustración 63).

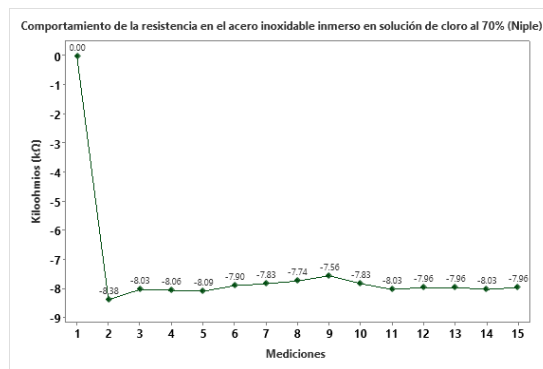


Ilustración 63: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	Kiloohmios (kΩ)
Medición 1	0.00 kΩ
Medición 2	-8.38 kΩ
Medición 3	-8.03 kΩ
Medición 4	-8.06 kΩ
Medición 5	-8.09 kΩ
Medición 6	-7.90 kΩ
Medición 7	-7.83 kΩ
Medición 8	-7.74 kΩ
Medición 9	-7.56 kΩ
Medición 10	-7.83 kΩ
Medición 11	-8.03 kΩ
Medición 12	-7.96 kΩ
Medición 13	-7.96 kΩ
Medición 14	-8.03 kΩ
Medición 15	-7.96 kΩ

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones del análisis estadístico presentaron una media de -7.424 kΩ, junto con un error estándar de 0.532 kΩ. Se presentó una desviación estándar de 2.062 kΩ y una varianza de 4.251 kΩ. Los valores específicos, la resistencia abarcaron desde un mínimo de -8.380 kΩ hasta un máximo de 0.000 kΩ. El primer cuartil (Q1) se situó en -8.030 kΩ, el tercer cuartil (Q3) se ubicó en -7.830 kΩ, y la mediana se encontró en -7.960 kΩ. La curtosis fue leptocúrtica dado a que su valor fue mayor que 0, siendo este 14.71 kΩ. La asimetría fue positiva por su valor superior a 0 de 3.82 kΩ. Además, se logró identificar la moda en -0.78, identificándose como la resistencia más común en las mediciones (Tabla 42 e ilustración 64).

Tabla 42: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media			Mínimo	Q1	Mediana
				Desv.Est.	Varianza	CoefVar			
Kiloohmios (kΩ)	15	0	-7.424	0.532	2.062	4.251	-27.77	-8.380	-7.960 8.030

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para		
					moda	Asimetría	Curtosis
Kiloohmios (kΩ)	-	0.000	0.200	-8.03, -7.96	3	3.82	14.71

Fuente: Elaboración propia

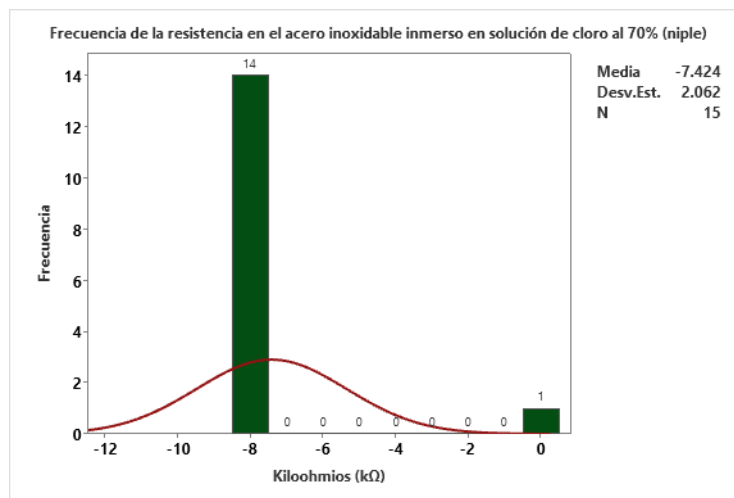


Ilustración 64: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.18 PH 70% NIPLE

Los valores obtenidos comenzaron en el rango de 9. Desde las mediciones uno a seis (1-6), se observó una significativa disminución de 9.30 a 8.48. A pesar de ello, la solución mantuvo su carácter alcalino, lo que indicó un proceso de corrosión rápido en el metal. Para la medición 7, los valores aumentaron nuevamente en 4 dígitos, llegando a 8.52. A continuación, descendieron en 3 dígitos en la medición 8, alcanzando 8.49, para luego subir en 2 dígitos en la medición 9, llegando a 8.50. Esto reflejó una disminución en el efecto de corrosión, con variaciones en los intervalos de los valores. Entre las mediciones 10 y 12, los valores disminuyeron a 8.31. Sin

embargo, entre la medición 12 y la 15, los valores aumentaron a 8.36 y se mantuvieron constantes, indicando una reducción en la velocidad de la corrosión en el acero (Ilustración 65).

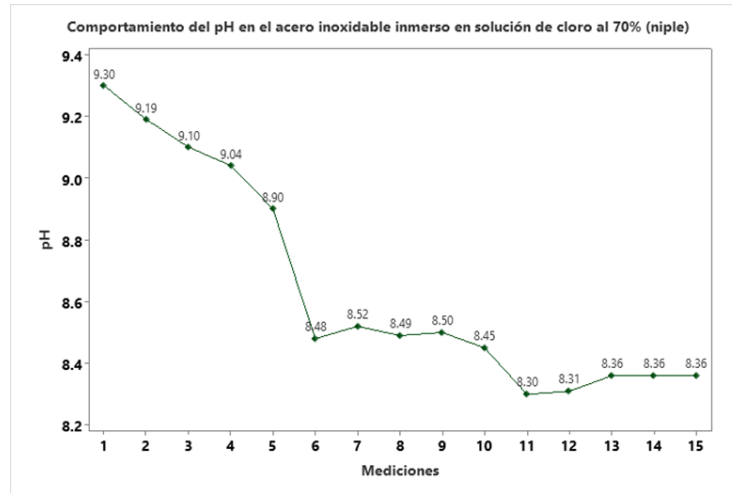


Ilustración 65: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

En el análisis estadística se obtuvo una media de 8.6440, manteniendo la solución alcalina durante todo el proceso. La desviación estándar de 0.3541 y la varianza de 0.1254 se mantuvieron cerca de la media. El coeficiente de variación fue de 4.10 con un valor mínimo de 8.3000 y un valor máximo de 9.3000 (Tabla 43). EL primer cuartil fue de 8.3600, la mediana de 8.4900 y el tercer cuartil de 9.0400, con un rango intercuartílico de 0.6800. La moda fue de 8.36 siendo el valor más repetido de todas las mediciones. La asimetría mostro una curva positiva con un valor de 0.84. Por otra parte, la curtosis era de -1.00, lo que indico que era platicúrtica (Tabla 44 e ilustración 66).

Tabla 43: pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	pH
Medición 1	9.38
Medición 2	9.19
Medición 3	9.20
Medición 4	9.10
Medición 5	9.04
Medición 6	8.58
Medición 7	8.67
Medición 8	8.64
Medición 9	8.64
Medición 10	8.52

Medición	pH
Medición 11	8.41
Medición 12	8.38
Medición 13	8.46
Medición 14	8.44
Medición 15	8.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Error estándar de la										
Variable	N	N*	Media	media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH	15	0	8.6440	0.0914	0.3541	0.1254	4.10	8.3000	8.3600	8.4900
N para										
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	moda	Asimetría	Curtosis			
pH	9.0400	9.3000	0.6800	8.36	3	0.84	-1.00			

Fuente: Elaboración propia

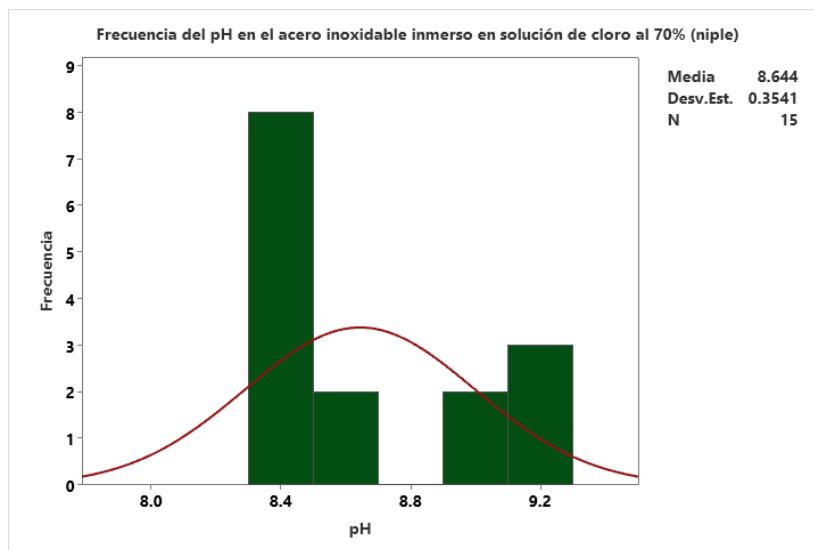


Ilustración 66: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.19 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 70% NIPLE

Se realizó un análisis que indicó un incremento significativo y rápido en los valores de los datos. En las primeras mediciones, los valores comenzaron en el rango de -100 mV, con variaciones notables, abarcando desde -122 mV hasta -72 mV en las mediciones uno a seis (1-6). Esto demostró un inicio rápido que aumentó la velocidad de corrosión con un efecto de reducción en el acero inoxidable. En las mediciones siete a nueve (7-9), se observó un leve descenso en los valores, estabilizándose alrededor de -74 mV y -73 mV. Sin embargo, en las mediciones diez y once (10-11), los números volvieron a ascender hasta alcanzar -62 mV. Las últimas mediciones reflejaron una disminución constante en los valores hasta llegar a una constante de -65 mV, lo que indicó un proceso de corrosión más lento (Ilustración 67).

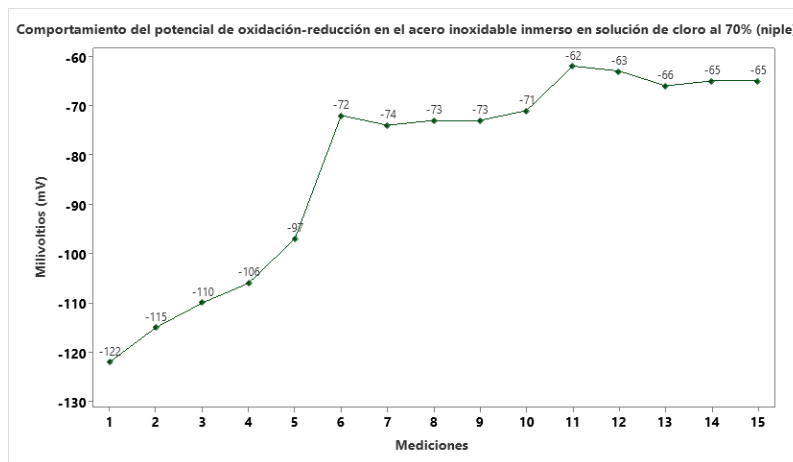


Ilustración 67: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

Se analizaron las estadísticas descriptivas de las quince (15) mediciones con la que se registró los datos que oscilaron de -122 mV a -62 mV (Tabla 45). Se obtuvo una media de -82.27 con un error estándar de 5.48 indicando que el fenómeno de corrosión estaba activo. La desviación estándar fue de 21.24 con una varianza de 451.07. El coeficiente de variación de -25.82, con una asimetría de -0.87 que indicó que la curva era negativa por ser menor a 0. El primer cuartil (Q1) obtuvo una cifra de -106.00, la mediana de -73.00 y un tercer cuartil de -65.00, con el IQR de 41.00. Se identificaron dos (2) modas, -73 y -65 respectivamente. La curtosis fue platicúrtica con un valor de -0.96 (Tabla 46 e ilustración 68).

Tabla 45: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 1	-122 mV
Medición 2	-115 mV
Medición 3	-110 mV
Medición 4	-106 mV
Medición 5	-97 mV
Medición 6	-72 mV
Medición 7	-74 mV
Medición 8	-73 mV
Medición 9	-73 mV
Medición 10	-71 mV
Medición 11	-62 mV
Medición 12	-63 mV
Medición 13	-66 mV
Medición 14	-65 mV
Medición 15	-65 mV

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Análisis estadístico del potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Milivoltios (mV)	15	0	-82.27	5.48	21.24	451.07	-25.82	-122.00	-106.00

Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Milivoltios (mV)	-73.00	-	-62.00	41.00	-73, -	2	-0.87	-0.96
		65.00			65			

Fuente: Elaboración propia

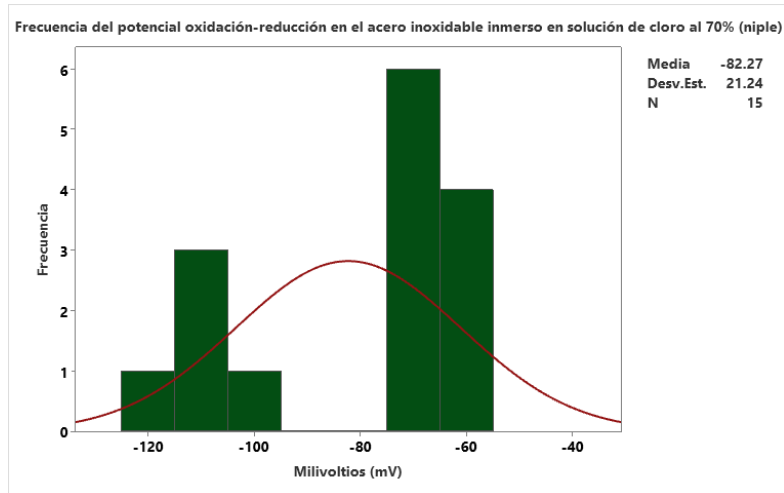


Ilustración 68: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.20 70% TIJERA Y NIPLE

5.20.1 POTENCIAL

Los valores de voltaje de la primera solución variaron en un rango desde -0.69 V hasta -0.51 V, la mayoría de ellos siendo negativos, lo que indicó la presencia de un proceso de corrosión en el acero inoxidable. Los valores de voltaje fueron predominantemente negativos, pero no alcanzaron niveles extremadamente bajos, lo que indica que el proceso de corrosión no fue particularmente agresivo en este contexto. Además, la variabilidad entre los valores de voltaje en diferentes mediciones fue reducida. Los valores de voltaje de la segunda solución variaron desde -1.03 V hasta -0.72 V, y la mayoría de las mediciones mostraron polaridades negativas, evidenciando un proceso corrosivo. Las mediciones 11, 12 y 13 se destacaron por tener valores de voltaje particularmente bajos, indicando momentos de mayor actividad corrosiva (Ilustración 69).

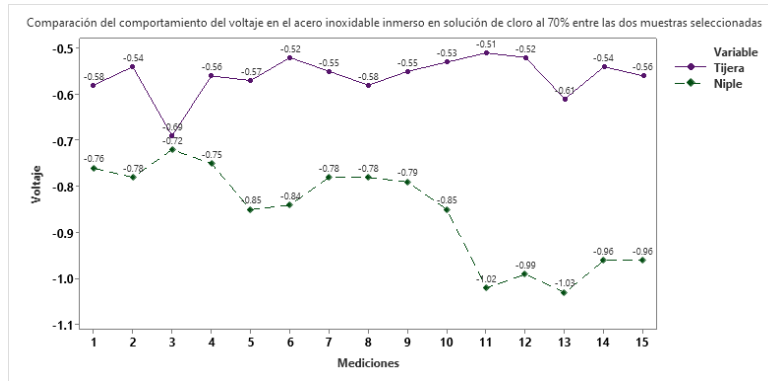


Ilustración 69: Comparación del comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.20.2 RESISTENCIA

En el análisis de los datos, se observó que la medición inicial había registrado un valor de resistencia de 0.00 kΩ en ambas series. Además, las mediciones posteriores mostraron valores negativos que variaron en el rango de -7.86 a -6.57 kΩ en la primera serie, y de -8.38 a -8.03 kΩ en la segunda serie. Al examinar los datos, se pudo apreciar una tendencia general hacia la disminución de la resistencia en ambas series a medida que las mediciones avanzaban. Las mediciones de la 2 a la 5 en ambas series presentaron valores de resistencia en el rango de -7.72 a -7.63 kΩ, lo que indicaba una reducción constante en la resistencia durante estas etapas. Además, las mediciones 9 y 10 en ambas series también evidenciaron valores de resistencia ligeramente superiores, oscilando entre -7.56 y -7.83 kΩ (Ilustración 70).

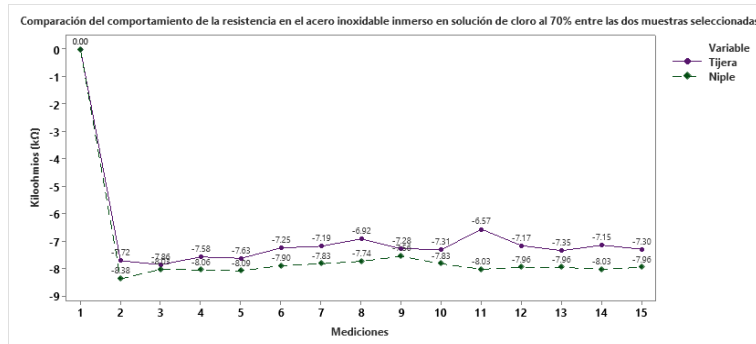


Ilustración 70: Comparación del comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.20.3 pH

En las dos series de la solución de 70% los valores tuvieron un inicio con valores de rango de 9. En la medición dos (2), las dos series tuvieron el mismo valor de 9.19, de la cual la serie de la tijera en la medición 3 ascendió por 1 dígito a 9.20 y la serie del niple descendió por 9 dígitos a 9.10, incrementando su proceso de corrosión. Durante todas las mediciones restantes los dos escenarios continuaron disminuyendo los valores e incrementando el proceso corrosivo de las respectivas soluciones hasta llegar a los rangos de 8. La solución que conto con los valores más bajos fue la del niple, con la cifra más baja de 8.31 y por ende el efecto corrosivo en el metal es más activo (Ilustración 71).

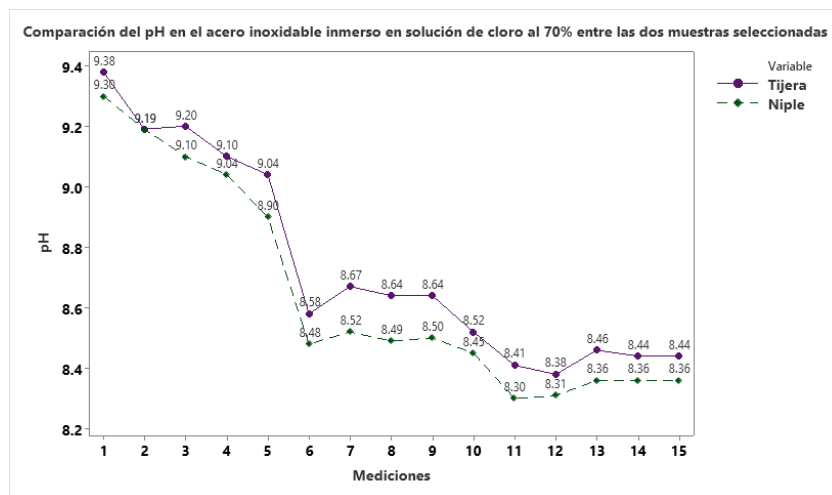


Ilustración 71: Comparación del comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.20.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP)

Las dos series de mediciones presentaron inicios con valores de los -100 mV, los cuales fueron incrementando progresivamente a valores entre los rangos de los -70 mV y los -81 mV. En los dos escenarios, la corrosión escalo rápido desde las primeras mediciones. Entre las mediciones siete y nueve (7-9) los valores descendieron significativamente, teniendo un ascenso en las mediciones diez y once (10-11). En ambos casos los valores disminuyeron a medida que llegaban a la última medición, provocando una corrosión lenta en el metal. La serie del niple fue la que conto con un rango más alto en sus datos en la escala de los -60 mV, con un último valor de -65 mV (Ilustración 72).

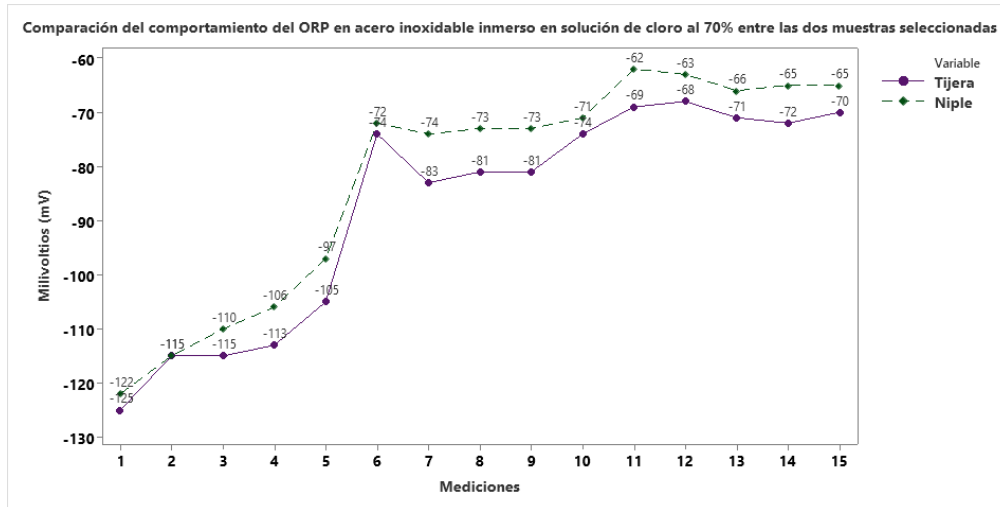


Ilustración 72: Comparación del comportamiento de la Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.21 COMPARACIÓN RESISTENCIA/VOLTAJE

Los valores de voltaje y corriente de las piezas analizadas fueron registrados mediante un multímetro. Esto señaló que la corriente se mantuvo constante durante todas las mediciones. La ley de Ohm establece que, si la corriente se mantiene constante, la resistencia y el voltaje estarán directamente proporcionales.

A medida que avanzaba la toma de datos, los valores en estas mediciones experimentaron variaciones, sin embargo, tanto en la resistencia como en el voltaje, predominó la polarización negativa. La inclinación hacia valores negativos en la resistencia sugiere que el metal formó menos capas protectoras para prevenir la corrosión. Por otro lado, los resultados con valores negativos en el voltaje apuntan a un proceso corrosivo de evolución lenta.

La variación en los datos se debió a cómo los electrodos interactuaron con su entorno. Los productos de corrosión tenían la tendencia de formarse y adherirse tanto a las superficies de los electrodos como a la interfaz entre ellos (Ilustraciones 73 y 74).

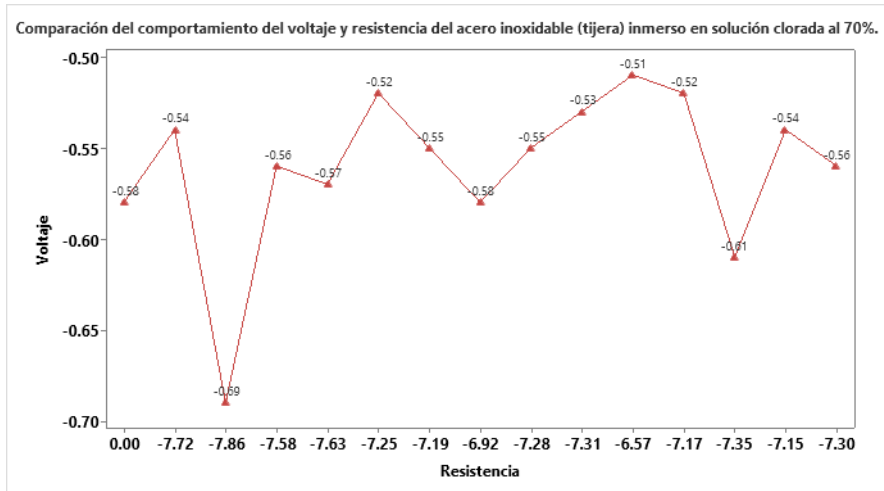


Ilustración 73: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

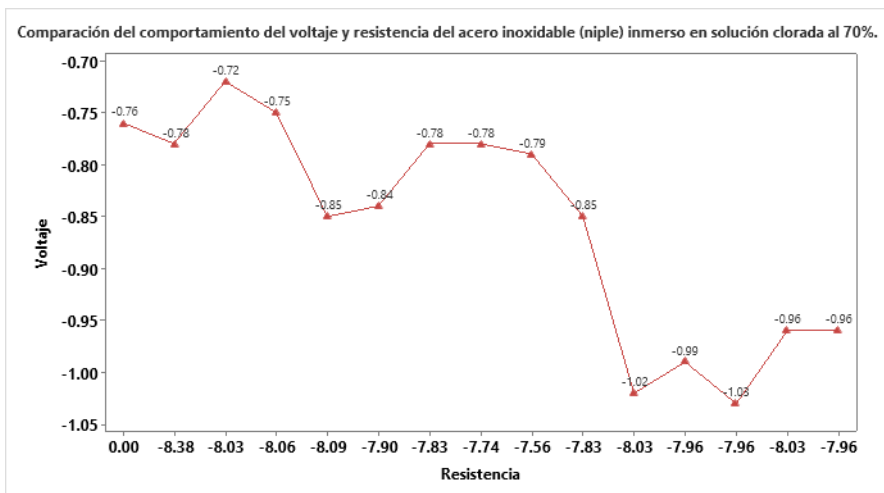


Ilustración 74: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.22 COMPARACIÓN PH/ORP

Los valores de pH y el ORP fueron obtenidos por medio de un pHmetro. El cual para la concentración de 70%, registró datos de pH en rangos de 9 a 8, lo que simbolizo que la solución era alcalina con un pH alto. Estos valores estaban en constante disminución, pero no llegaron a afectar mucho en el resultado. Por otra parte, el ORP de la solución si se presentó con valores negativos con rangos de los -100 mV a los -60 mV en la solución del niple y -70 mV en la solución de la tijera. Estos valores desde las primeras mediciones presentaron un incremento en sus cifras,

pero aun así quedando en una escala muy baja. Estos datos obtenidos señalaron la relación establecida de que cuando el pH es alto y el ORP es bajo se produce un efecto de reducción sobre el material (Ilustraciones 75 y 76).

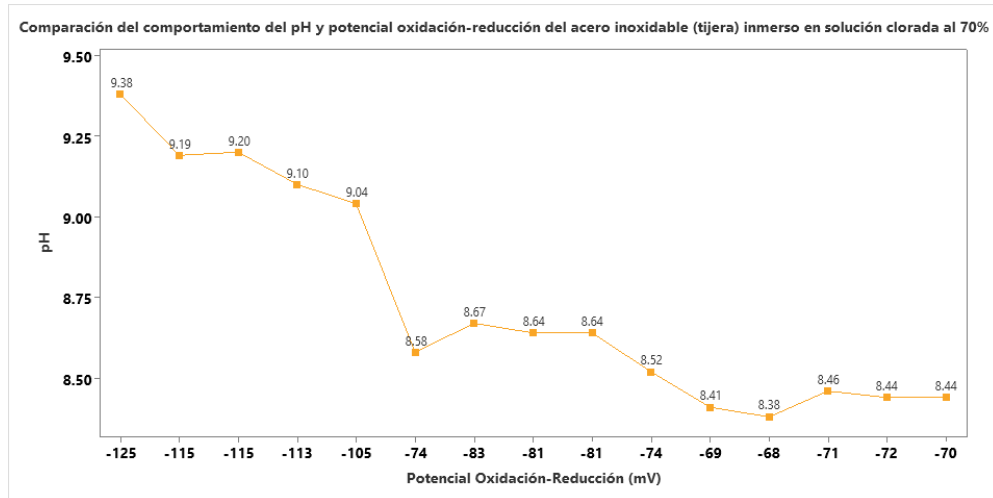


Ilustración 75: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

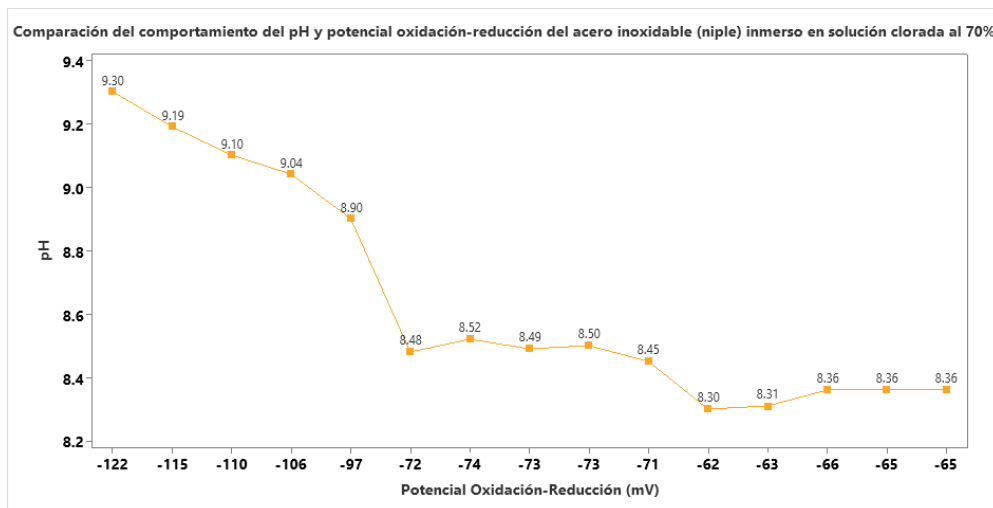


Ilustración 76: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 70%

Fuente: Elaboración propia

5.23 POTENCIAL 90% TIJERA

En el análisis la primera medición mostró un valor de -0.94 V, seguido por mediciones que variaron entre -0.8 V y -0.55 V (Tabla 47). Este cambio en los valores de voltaje señaló que el acero inoxidable experimentó distintos niveles de corrosión durante su exposición a la solución clorada. Durante las mediciones iniciales, se observaron valores más negativos, como -0.94 V y -0.81 V, lo que indicó una fase temprana de mayor actividad corrosiva debido a la interacción con la solución. A medida que el proceso de medición avanzaba, los valores de voltaje se estabilizaron en un rango de -0.64 V a -0.56 V. Esta estabilización señaló una reducción en la velocidad del proceso corrosivo (Ilustración 77).

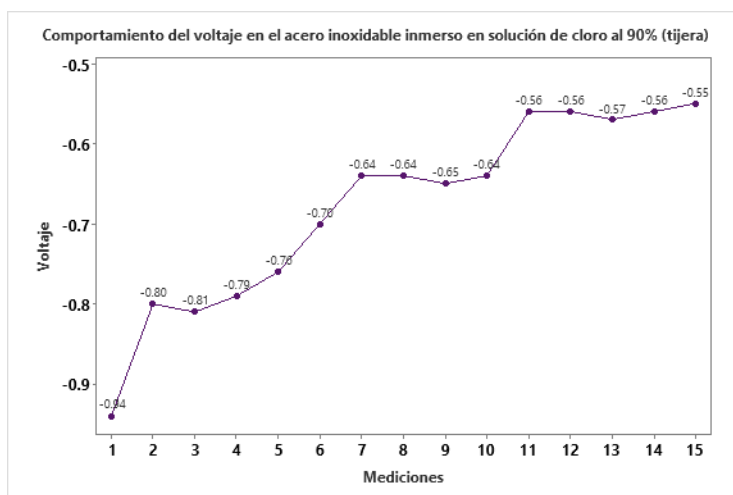


Ilustración 77: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	Voltaje
Medición 1	-0.94 V
Medición 2	-0.8 V
Medición 3	-0.81 V
Medición 4	-0.79 V
Medición 5	-0.76 V
Medición 6	-0.7 V
Medición 7	-0.64 V
Medición 8	-0.64 V
Medición 9	-0.65 V
Medición 10	-0.64 V

Medición	Voltaje
Medición 11	-0.56 V
Medición 12	-0.56 V
Medición 13	-0.57 V
Medición 14	-0.56 V
Medición 15	-0.55 V

Fuente: Elaboración propia

En total, se ejecutaron 15 mediciones de voltaje. Los datos proporcionaron una media de voltaje de -0.6780 V, lo que indico la existencia de un proceso corrosivo en el material. La desviación estándar, con un valor de 0.1182 V, y la varianza, con un valor de 0.0140. Los valores de voltaje variaron entre -0.9400 V y -0.5500 V. Los cuartiles fueron de -0.7900 V y -0.5600 V. La mediana tuvo un valor de -0.6400 V. Además, se identificaron dos modos, a -0.64 V y -0.56 V. La asimetría fue de -0.78 V, esto señala que fue una curva de asimetría negativa. Finalmente, la curtosis fue platicúrtica con un valor de -0.15 V (Tabla 48 e ilustración 78).

Tabla 48: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Error estándar de la Desv.Est Varianz										
Variable	N	N*	Media	media	.	a	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Voltaje	15	0	-0.6780	0.0305	0.1182	0.0140	-17.44	-0.9400	-0.7900	-0.6400
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
Voltaje	-0.5600	-0.5500	0.2300	-0.64, -0.56		3	-0.78	-0.15		

Fuente: Elaboración propia

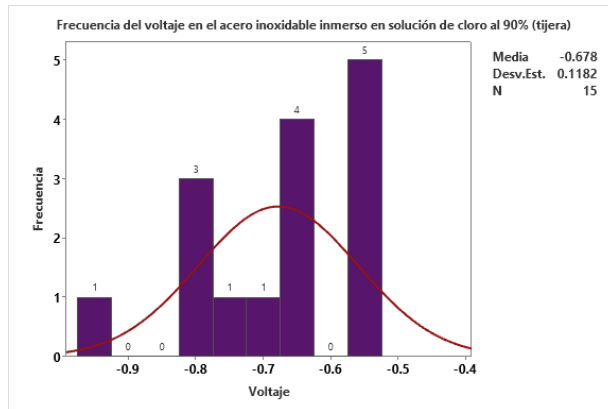


Ilustración 78: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.24 RESISTENCIA 90% TIJERA

La medición inicial presentó un valor de resistencia de 0.00 k Ω . A medida que avanzaron las mediciones siguientes, se generó una tendencia hacia valores de resistencia negativos, los cuales variaron desde -8.38 k Ω hasta -7.51 k Ω (Tabla 49). Al examinar los datos, las mediciones de la 2 a la 5 reflejaban valores de resistencia negativos de manera baja, situados en el rango de -8.38 k Ω a -8.56 k Ω . Esto indicó una disminución constante en la resistencia durante estas etapas. Por otro lado, las mediciones de la 10 a la 15 señalaron una variabilidad en el intervalo de -8.04 k Ω a -7.51 k Ω (Ilustración 79).

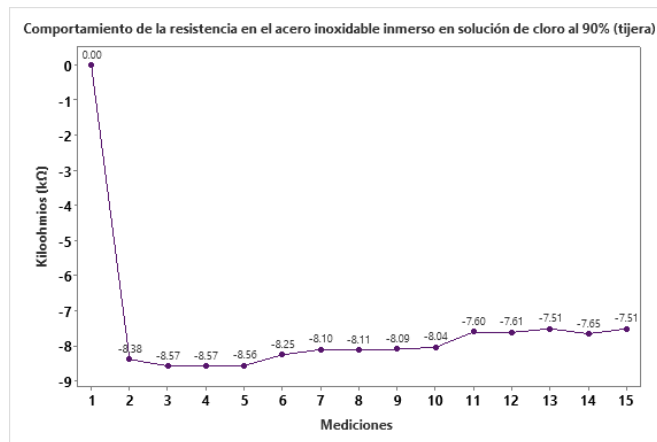


Ilustración 79: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	Kiloohmios (kΩ)
Medición 1	0.00 kΩ
Medición 2	-8.38 kΩ
Medición 3	-8.57 kΩ
Medición 4	-8.57 kΩ
Medición 5	-8.56 kΩ
Medición 6	-8.25 kΩ
Medición 7	-8.10 kΩ
Medición 8	-8.11 kΩ
Medición 9	-8.09 kΩ
Medición 10	-8.04 kΩ
Medición 11	-7.60 kΩ
Medición 12	-7.61 kΩ
Medición 13	-7.51 kΩ
Medición 14	-7.65 kΩ
Medición 15	-7.51 kΩ

Fuente: Elaboración propia

El primer cuartil (Q1) se encontró en -8.570 kΩ, el tercer cuartil (Q3) en -7.600 kΩ y la mediana en -8.090 kΩ. Se identificaron dos modos en -8.57 kΩ y -7.51 kΩ, lo que indica que estos valores de resistencia fueron los más frecuentes en las mediciones. La media obtenida para las mediciones fue de -7.503 kΩ, con un error estándar de 0.545 kΩ. Las mediciones individuales mostraron una variación promedio de aproximadamente 0.545 kΩ unidades con respecto a esta media. Se presentó una desviación estándar de 2.111 kΩ y una varianza de 4.458 kΩ. El coeficiente de variación fue de 0.545 kΩ, y la asimetría fue positiva con un valor de 3.65 kΩ. Los valores de resistencia oscilaron desde un mínimo de -8.570 kΩ hasta un máximo de 0.000 kΩ. La curtosis presento un valor de 13.78, esto indicó que fue leptocúrtica (Tabla 50 e ilustración 80).

Tabla 50: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la Desv.Est		Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	
				media	.					
Kiloohmios (kΩ)	15	0	-7.503	0.545	2.111	4.458	-28.14	-8.570	-8.380	
Variable	Median a		Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda		Asimetría	Curtosis
Kiloohmios (kΩ)	-8.090		-7.600	0.000	0.780	-8.57, -7.51	2		3.65	13.78

Fuente: Elaboración propia

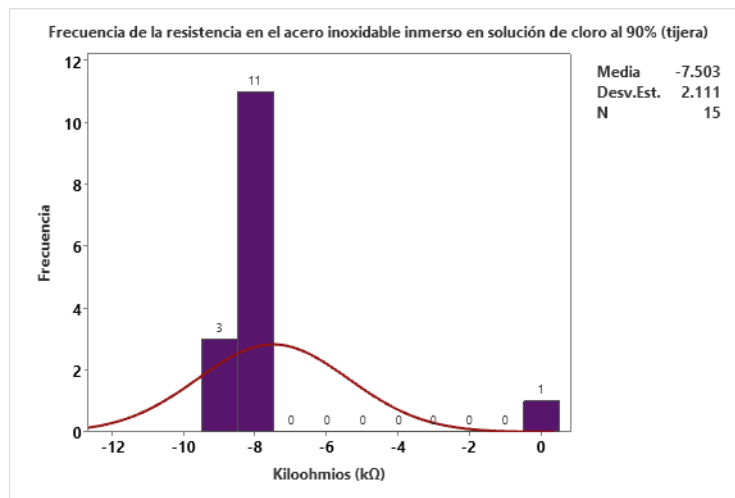


Ilustración 80: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.25 PH 90% TIJERA

La solución al 90% mostró una marcada variación con respecto a los valores obtenidos en comparación con las otras soluciones. En las primeras mediciones se obtuvieron valores muy bajos en el rango de 4, convirtiendo esta solución en un ácido, las cuales son más corrosivas que las soluciones alcalinas. A diferencia de las otras concentraciones, los valores iban incrementando a cada hora, empezando desde 4.09 hasta 4.40, el valor de la medición 4. Esto represento una corrosión más lenta sobre el material. En la medición 5 disminuyo 1 dígito, pero volvió a incrementarse hasta llegar a 4.93 en la medición 7. Para la medición 8 volvió a descender a 4.90

pero rápidamente para la medición 9 incrementos a 5.03. Estos intervalos de tiempo interfirieron en el proceso corrosivo de material volviéndolo un poco más lento de lo esperado.

En la medición 10 hubo otra pequeña disminución a 4.99, pero hubo un gran incremento desde la medición 11 hasta la 14 con 5.79, lo que represento un proceso en el que la corrosión hizo efecto, pero de una manera más lenta. Para la última medición el valor volvió a disminuir a 5.56, señalando un incremento mínimo en la corrosión del metal (Ilustración 81).

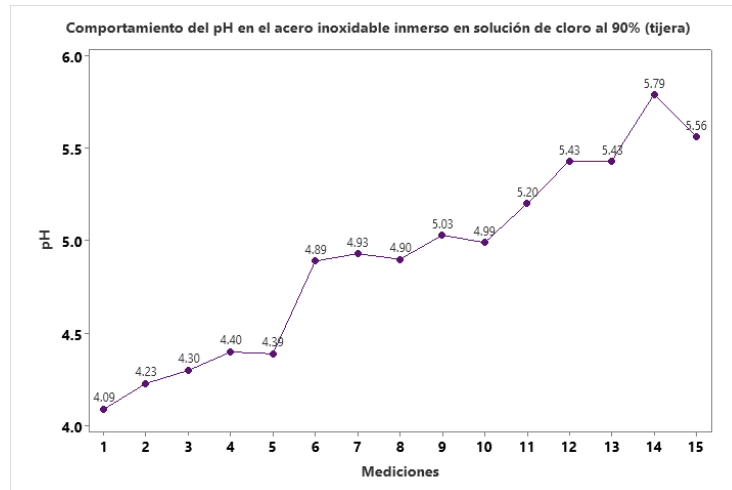


Ilustración 81: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

La media obtenida en las estadísticas fue de 4.904, lo que represento que la solución se mantuvo acida durante todo el estudio. La desviación estándar que fue 0.526 y la varianza que fue 0.277 se mantuvieron cerca de la media. El coeficiente de variación fue de 10.74, con el valor mínimo de 4.090 y el valor máximo de 5.790 (Tabla 51). El cuartil uno se mantuvo de 4.930, la mediana de 4.930 y el tercer cuartil de 5.430, con rango intercuartílico de 1.040. El modo fue 5.43 siendo el valor más repetido de todas las mediciones. La asimetría tuvo una curva negativa dado que el valor era de -0.02. También la curtosis fue negativa con un valor de -1.09, lo cual señalo que era platicúrtica (Tabla 52 e ilustración 82).

Tabla 51: pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	pH
Medición 1	4.09
Medición 2	4.23
Medición 3	4.30

Medición	pH
Medición 4	4.40
Medición 5	4.39
Medición 6	4.89
Medición 7	4.93
Medición 8	4.90
Medición 9	5.03
Medición 10	4.99
Medición 11	5.20
Medición 12	5.43
Medición 13	5.43
Medición 14	5.79
Medición 15	5.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH	15	0	4.904	0.526	0.277	10.74	4.090	4.390	4.930

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
pH	5.430	5.790	1.040	5.43	2	-0.02	-1.09

Fuente: Elaboración propia

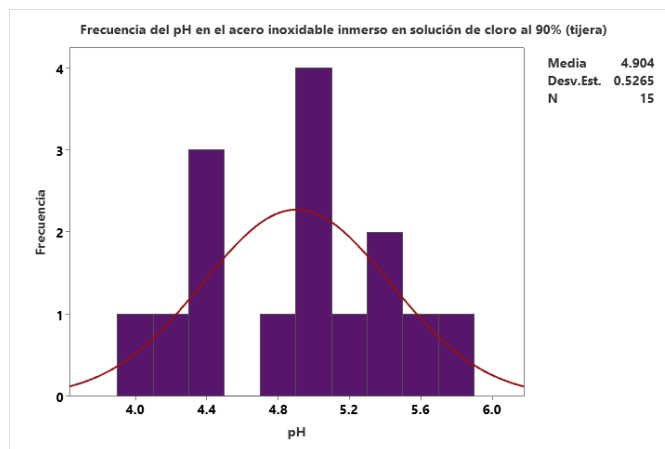


Ilustración 82: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.26 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 90% TIJERA

El potencial de reducción-oxidación en la solución al 90% fue el único en el que se obtuvieron valores positivos. En las primeras mediciones, los valores se situaron alrededor de los 100 mV, con cambios mínimos de 7 y 4 dígitos entre cada medición, lo que indicó una disminución en los datos. Desde la medición uno hasta la cuatro (1-4), los valores variaron desde 188 mV hasta 169 mV, lo que sugirió que el proceso corrosivo estaba activo en forma de oxidación en el acero inoxidable. En la medición cinco (5), aumentó ligeramente a 170 mV, pero luego descendió nuevamente en las mediciones seis a nueve (6-9) con valores entre 141 mV y 133 mV. Hubo otro ligero incremento en la décima medición (10) a 142 mV, pero también se observó una marcada disminución desde la medición once hasta la catorce (11-14), alcanzando los 88 mV. En la última medición, la cifra subió nuevamente a 101 mV, lo que señaló que la solución causaba un fuerte efecto de oxidación en el metal, aunque en algunos puntos este efecto llegaba a disminuir su velocidad (Ilustración 83).

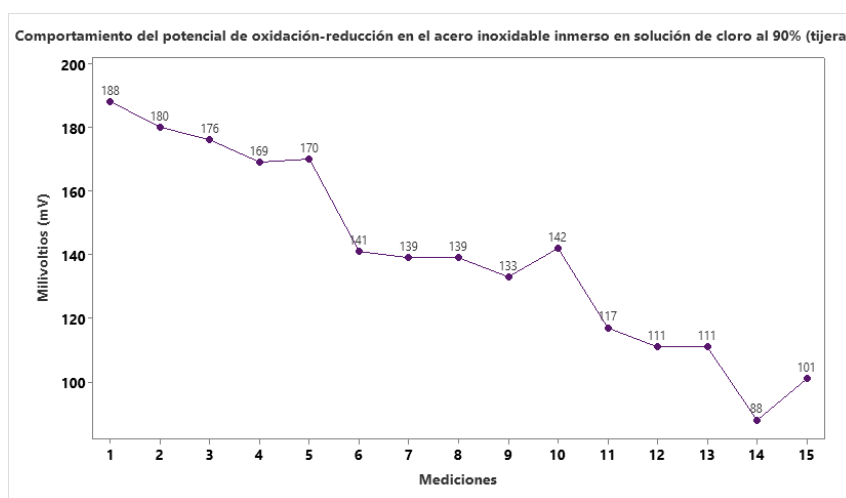


Ilustración 83: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

En las quince (15) mediciones realizadas (Tabla 53) se obtuvo una media de 140.33 y un error estándar de 8.00, lo que implicó un efecto de oxidación sobre el metal. La desviación estándar fue de 30.97 con una varianza de 959.38. El coeficiente de variación de 22.07 con un valor mínimo de 88.00 mV y un valor máximo de 188.00 mV. El primer cuartil (Q1) obtuvo una cifra de 111.00, una mediana de 139.00 y un tercer cuartil de 170.00, con un IQR de 59.00. Se

contó con dos (2) modas, 111 y 139 respectivamente. La asimetría resulto tener una curva negativa, dado que tiene un valor de -0.01. Por otro lado, la curtosis fue de -1.10, lo que indico que es platicúrtica (Tabla 54 e ilustración 84).

Tabla 53: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 1	188 mV
Medición 2	180 mV
Medición 3	176 mV
Medición 4	169 mV
Medición 5	170 mV
Medición 6	141 mV
Medición 7	139 mV
Medición 8	139 mV
Medición 9	133 mV
Medición 10	142 mV
Medición 11	117 mV
Medición 12	111 mV
Medición 13	111 mV
Medición 14	88 mV
Medición 15	101 mV

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Milivoltios (mV)	15	0	140.33	8.00	30.97	959.38	22.07	88.00	111.00

Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Milivoltios (mV)	139.00	170.00	188.00	59.00	111, 139	2	-0.01	-1.10

Fuente: Elaboración propia

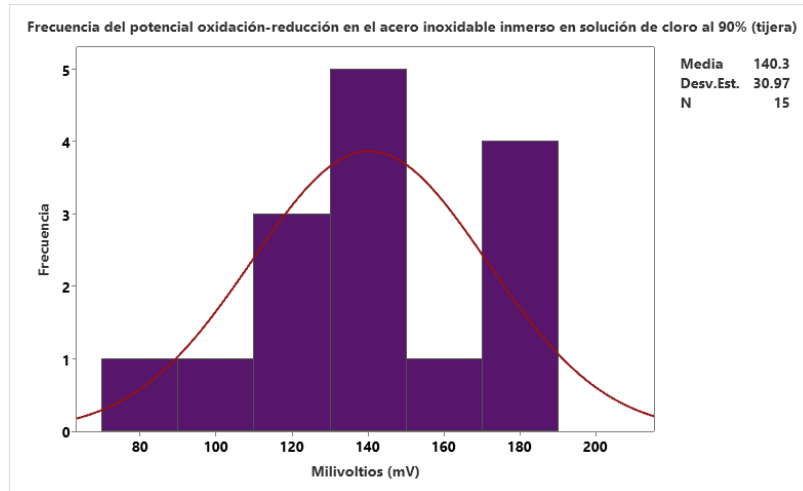


Ilustración 84: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.27 POTENCIAL 90% NIPLE

Los datos presentaron una serie de 15 mediciones de voltaje tomadas en distintos momentos. Los voltajes medidos variaron en un rango desde -1.23 V hasta -1.01 V (Tabla 55). Estos valores negativos sugirieron claramente una actividad corrosiva en el acero inoxidable como resultado de la exposición a la solución altamente concentrada de cloro. Se pudo observar que las mediciones iniciales, desde la medición 1 hasta la 8, mostraron voltajes que oscilaban entre -1.12 V y -1.06 V. Esta tendencia posiblemente señaló una etapa inicial de mayor corrosión. No obstante, en las mediciones 10 y 11, los voltajes presentaron valores ligeramente menos negativos, sugiriendo una posible reducción en la actividad corrosiva. De la misma manera, en las mediciones 13 y 14, los voltajes se mantuvieron cercanos a -1.08 V y -1.04 V respectivamente, lo que podría indicar que el proceso corrosivo aún estaba presente en estas etapas intermedias (Ilustración 86).

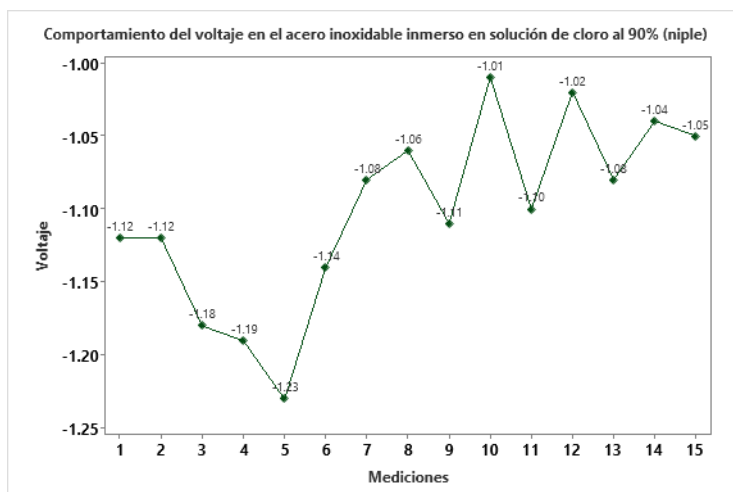


Ilustración 85: Comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Voltaje del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	Voltaje
Medición 1	-1.12 V
Medición 2	-1.12 V
Medición 3	-1.18 V
Medición 4	-1.19 V
Medición 5	-1.23 V
Medición 6	-1.14 V
Medición 7	-1.08 V
Medición 8	-1.06 V
Medición 9	-1.11 V
Medición 10	-1.01 V
Medición 11	-1.1 V
Medición 12	-1.02 V
Medición 13	-1.08 V
Medición 14	-1.04 V
Medición 15	-1.05 V

Fuente: Elaboración propia

La media calculada para los voltajes fue de -1.1020 V. La desviación estándar fue de 0.0637 V y la varianza de 0.0041 V. La asimetría tuvo un valor de -0.48 V, lo que señala que esta es negativa. El coeficiente de variación presentó un valor de 0.0041 V. Los voltajes registrados variaron desde -1.2300V hasta -1.0100 V, y la mediana y los cuartiles se ubicaron en -1.1400 V, -1.1000 V y -1.0500 V, respectivamente. La curtosis tuvo un valor de -0.37 V lo que indica que es

platicúrtica. Además, se identificaron dos modos en -1.12 V y -1.08 V, lo cual indicó que estos voltajes fueron los más frecuentes. (Tabla 56 e ilustración 86).

Tabla 56: Análisis estadístico del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Voltaje	15	0	-1.1020	0.0165	0.0637	0.0041	-5.78	-1.2300	-1.1400	-1.1000
Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
Voltaje	-1.0500	-1.0100	0.0900	-1.12, -1.08	2	-0.48	-0.37			

Fuente: Elaboración propia

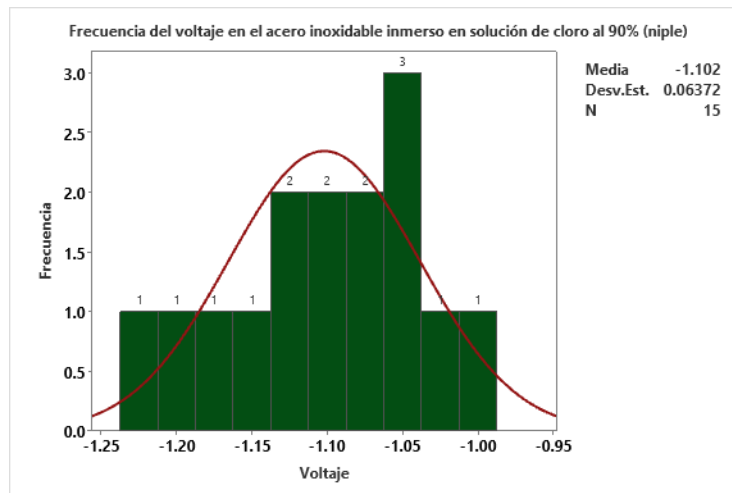


Ilustración 86: (Histograma con curva normal) Frecuencia del voltaje en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.28 RESISTENCIA 90% NIPLE

La medición inicial indicó una resistencia de 0.00 kΩ. A medida que se obtuvieron más mediciones, se observó una disminución en la resistencia. Las mediciones 2 a 5 demostraron una relativa estabilidad, con valores en el rango de -7.67 kΩ a -7.78 kΩ (Tabla 57), indicando una fase temprana de corrosión. En el caso de las mediciones 6 a 9, se evidenció una disminución, con valores que oscilaron entre -8.17 kΩ y -8.27 kΩ, lo cual indicó una intensificación de la corrosión. Las mediciones 11 y 12 presentaron las resistencias más negativas, -8.54 kΩ y -8.56 kΩ, sugiriendo una etapa fuerte de la corrosión (Ilustración 87).

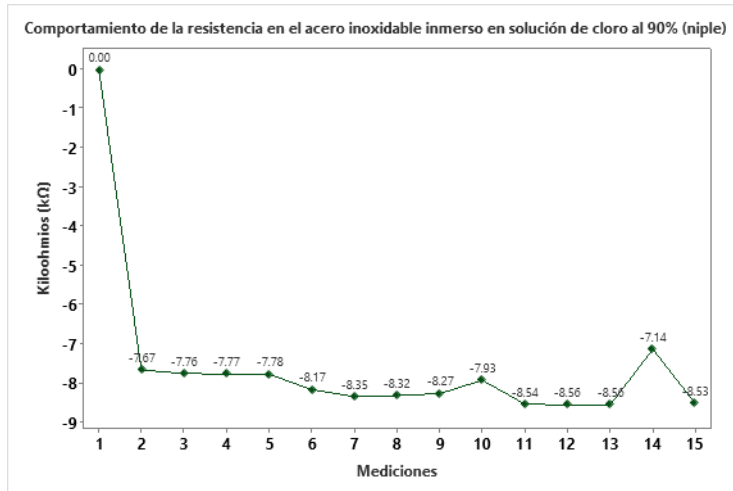


Ilustración 87: Comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Resistencia del acero inoxidable (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	Kiloohmios (kΩ)
Medición 1	0.00 kΩ
Medición 2	-7.67 kΩ
Medición 3	-7.76 kΩ
Medición 4	-7.77 kΩ
Medición 5	-7.78 kΩ
Medición 6	-8.17 kΩ
Medición 7	-8.35 kΩ
Medición 8	-8.32 kΩ
Medición 9	-8.27 kΩ
Medición 10	-7.93 kΩ
Medición 11	-8.54 kΩ
Medición 12	-8.56 kΩ
Medición 13	-8.56 kΩ
Medición 14	-7.14 kΩ
Medición 15	-8.53 kΩ

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis estadístico en el que se calculó una curtosis de 13.63 kΩ, lo que señala una curva positiva. Se detectó una media de -7.557 kΩ. Junto con un error estándar de 0.550 kΩ. Además, una desviación estándar de 2.131 kΩ y una varianza de 4.542 kΩ. Las mediciones de resistencia abarcaron desde un mínimo de -8.560 kΩ hasta un máximo de 0.000 kΩ. El primer cuartil (Q1) se situó en -8.530 kΩ, el tercer cuartil (Q3) se ubicó en -7.760 kΩ, y la mediana se encontró en -8.170 kΩ. Se identificó -8.56 kΩ como modo, y se señala que fue repetido

dos veces en las mediciones. Finalmente se calculó una asimétrica de 3.63 kΩ, en este caso indico ser leptocúrtica (Tabla 58 e ilustración 88).

Tabla 58: Análisis estadístico de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
Kiloohmios (kΩ)	15	0	-7.557	0.550	2.131	4.542	-28.20	-8.560	-8.530	-8.170

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Kiloohmios (kΩ)	-7.760	0.000	0.77	-8.56	2	3.63	13.63

Fuente: Elaboración propia

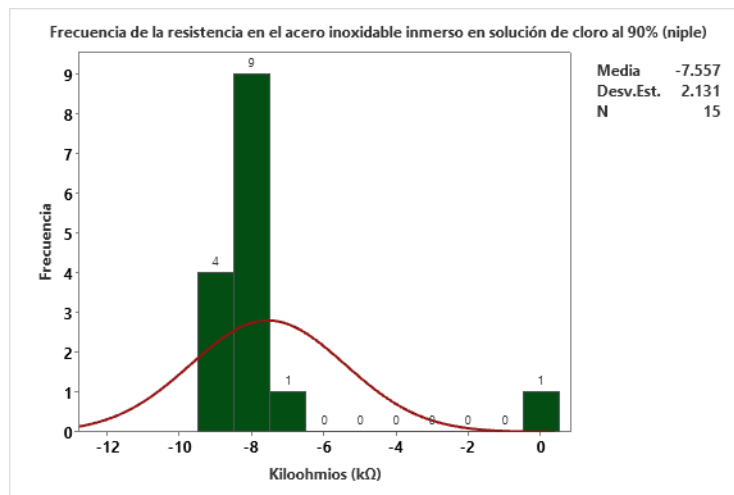


Ilustración 88: (Histograma con curva normal) Frecuencia de la resistencia en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.29 PH 90% NIPLE

Las mediciones comenzaron en un valor muy bajo de 3.99, lo que indicó que la solución era ácida y, por lo tanto, se esperaba una mayor corrosión. Desde la medición uno hasta la cuatro (1-4), los valores aumentaron desde el punto de partida de 3.99 hasta 4.38. Hubo un ligero descenso a 4.36 en la medición cinco (5), pero a partir de la medición seis (6), los datos continuaron en aumento, alcanzando 5.15 en la medición nueve (9). Se observó otra disminución

a 5.07 en la medición diez (10), pero nuevamente subieron a 5.42 y 5.62 entre las mediciones once y doce (11-12). En la medición trece (13), el valor descendió nuevamente, solo para incrementarse hasta 5.59 en la medición quince (15). Se evidenciaron momentos de descenso en los valores, en los cuales la velocidad de corrosión se aceleraba, pero luego volvió a aumentar en otras mediciones que volvía a hacerla lenta (Ilustración 89).

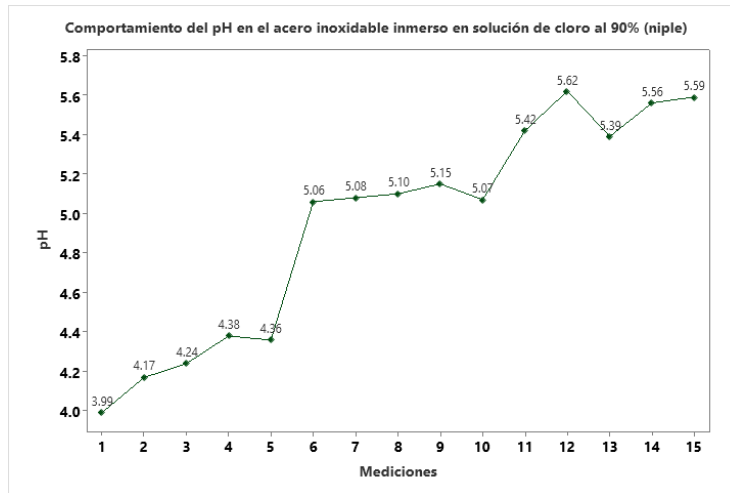


Ilustración 89: Comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

Se analizaron las estadísticas descriptivas en donde se obtuvo una media de 4.945 con un error estándar de 0.146, lo cual indicó que la solución se mantuvo acida durante todo el estudio. La desviación estándar fue de 0.564 con una varianza de 0.318, lo que implicó que la dispersión de la distribución de los datos se encontraba cerca de la media. El coeficiente de variación fue de 11.41 con un valor mínimo de 3.990 y un valor máximo de 5.620 (Tabla 59). El primer cuartil (Q1) tuvo una cifra de 4.360, la mediana de 5.080 y el tercer cuartil (Q3) de 5.420, con un IQR de 1.060. No se identificó ninguna moda ya que no hubo valores con una repetición frecuente. La curtosis fue platicúrtica, con un valor de -1.30 y la asimetría tuvo una curva negativa, con un valor de -0.48, debido a que los valores eran menores a 0 (Tabla 60 e ilustración 90).

Tabla 59: Resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	pH
Medición 1	3.99
Medición 2	4.17
Medición 3	4.24
Medición 4	4.38
Medición 5	4.36
Medición 6	5.06
Medición 7	5.08
Medición 8	5.10
Medición 9	5.15
Medición 10	5.07
Medición 11	5.42
Medición 12	5.62
Medición 13	5.39
Medición 14	5.56
Medición 15	5.59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Análisis estadístico del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH	15	0	4.945	0.146	0.564	0.318	11.41	3.990	4.360	5.080

Variable	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
pH	5.420	5.620	1.060	*	0	-0.48	-1.30

Fuente: Elaboración propia

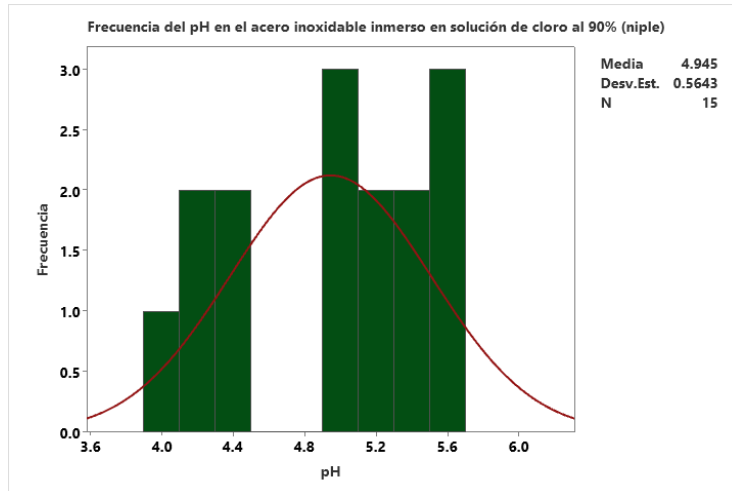


Ilustración 90: (Histograma con curva normal) Frecuencia del pH en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.30 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP) 90% NIPLE

Las mediciones revelaron una disminución progresiva en los datos, alcanzando valores muy bajos. En las primeras mediciones, los valores se mantuvieron en el rango de 100 mV, fluctuando entre 193 mV y 170 mV desde la primera medición hasta la cuarta (1-4). Esta disminución indicó un aumento en el fenómeno de corrosión en forma de óxido en el metal. En la quinta (5) medición, hubo un pequeño incremento de un dígito, pero en las mediciones seis a nueve (6-9) se produjo un descenso significativo, con valores que oscilaron entre 130 mV y 126 mV. La décima (10) medición registró un aumento a 129 mV, pero luego descendió nuevamente entre la onceava y la doceava medición (11-12) hasta llegar a un mínimo de 99 mV. Experimentó una última elevación a 108 mV en la treceava medición (13), pero volvió a disminuir hasta alcanzar el punto más bajo de 99 mV en la última medición. Estos aumentos intermitentes señalaron pausas en el proceso de oxidación del metal, seguidas de aceleraciones cuando los valores descendían (Ilustración 91).

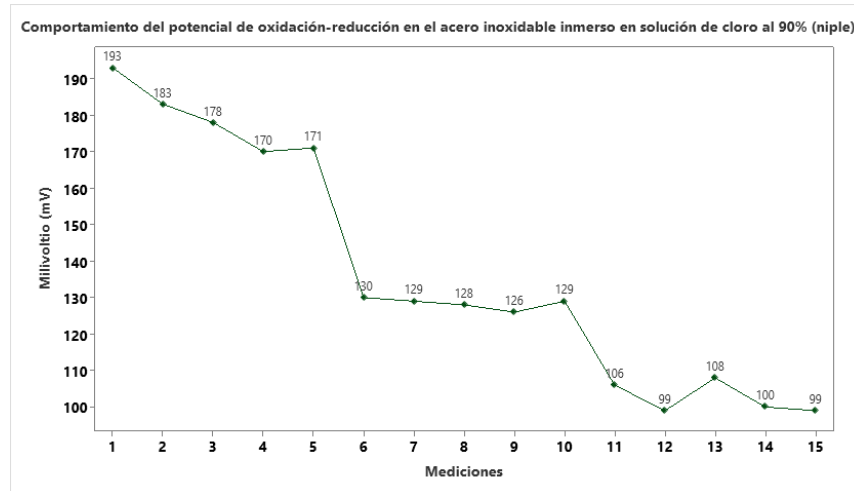


Ilustración 91: Comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

En las quince (15) mediciones se registraron datos que oscilaron entre 193 mV a 99 mV (Tabla 61). La media obtenida fue de 136.60 con un error estándar de 8.62. La desviación estándar obtenida de 33.40 con una varianza de 1115.26, indico que la dispersión de la distribución de los datos se encontraba alejada de la media. El coeficiente de variación fue de 24.45 y la asimetría tuvo una curva positiva con un valor de 0.48. El primer cuartil (Q1) fue de 106.00, la mediana de 129.00 y un tercer cuartil de 171.00, con in IQR de 65.00. Se identificaron dos (2) modas: 99, 129. La curtosis fue platicúrtica con un valor de -1.32 (Tabla 62 e ilustración 92).

Tabla 61: Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 1	193 mV
Medición 2	183 mV
Medición 3	178 mV
Medición 4	170 mV
Medición 5	171 mV
Medición 6	130 mV
Medición 7	129 mV
Medición 8	128 mV
Medición 9	126 mV
Medición 10	129 mV
Medición 11	106 mV
Medición 12	99 mV
Medición 13	108 mV

Medición	Milivoltios (mV)
Medición 14	100 mV
Medición 15	99 mV

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Análisis estadístico del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
Milivoltios (mV)	15	0	136.60	8.62	33.40	1115.26	24.45	99.00	106.00

Variable	Mediana	Q3	Máximo	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Milivoltios (mV)	129.00	171.00	193.00	65.00	99,	2	0.48	-1.32
					129			

Fuente: Elaboración propia

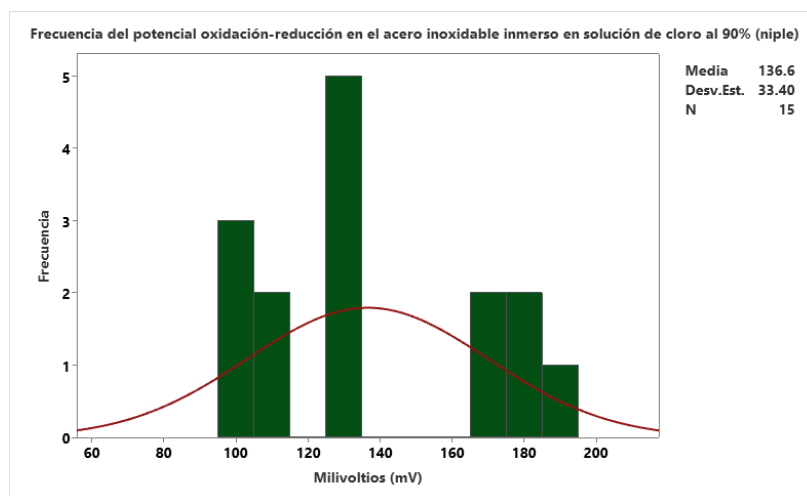


Ilustración 92: (Histograma con curva normal) Frecuencia del Potencial oxidación-reducción en el acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.30 90% TIJERA Y NIPLE

5.30.1 POTENCIAL

En la primera solución los voltajes variaron desde -0.94 V hasta -0.55 V, mientras que, en la segunda solución, los voltajes oscilaron entre -1.12 V y -1.05 V. Estos valores negativos indicaron la presencia de actividad corrosiva en ambos escenarios. Al comparar ambas series de mediciones, se pudo observar una consistente disminución en los voltajes de la segunda serie en comparación

con la primera. Esto indica una mayor actividad corrosiva en el metal de la segunda solución, ya que los voltajes tendieron a ser más negativos en general. En las mediciones 11 y 12 en ambas series de voltajes, se observaron valores de voltaje más bajos que en las mediciones anteriores, lo que señala fases de mayor actividad corrosiva (Ilustración 93).

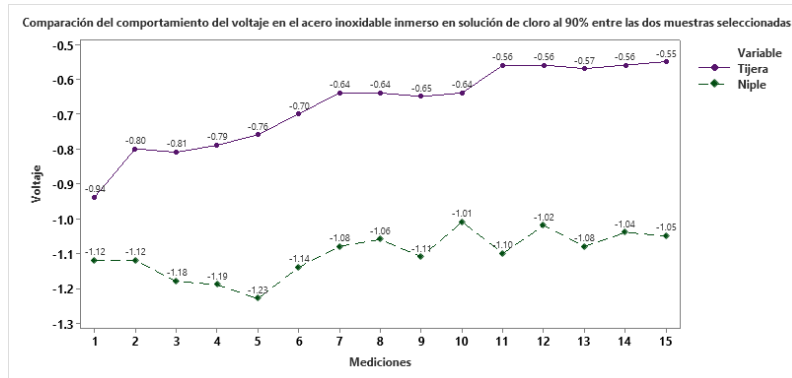


Ilustración 93: Comparación del comportamiento del voltaje del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia.

5.30.2 RESISTENCIA

La medición inicial registró un valor de resistencia de 0.00 kΩ en ambas series. Con el progreso de las mediciones siguientes, se indicó una tendencia hacia valores negativos de resistencia en ambas series. En las mediciones 2 a 5, los valores variaron en el rango de -8.38 a -8.56 kΩ y de -7.67 a -7.78 kΩ en las dos series respectivamente, lo que señala una disminución general en la resistencia. Las mediciones 6 a 9, tanto en la primera como en la segunda serie, revelaron valores que oscilaban entre -8.25 y -8.09 kΩ, y -8.17 y -8.27 kΩ respectivamente, lo que indica una intensificación en la corrosión. Las mediciones 11 y 12 presentaron resistencias más altas en ambas series, en el rango de -7.60 a -7.61 kΩ y -8.54 a -8.56 kΩ, lo cual señala momentos de variabilidad en la actividad corrosiva (Ilustración 94).

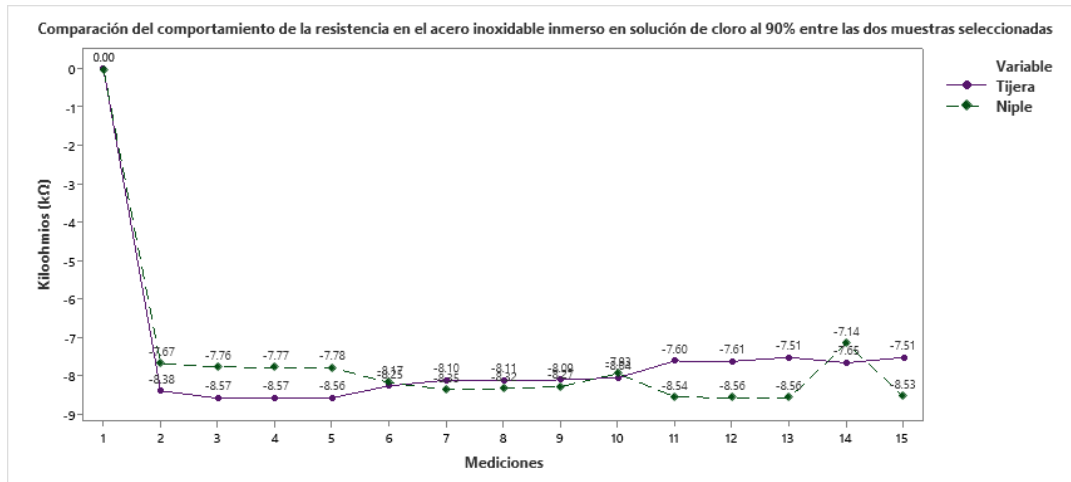


Ilustración 94: Comparación del comportamiento de la resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.30.3 pH

La serie que contenía el niple presentó el valor más bajo, con 3.99. A partir de ese punto, las dos series mantuvieron valores en el mismo rango, alrededor de 4. Desde la medición seis (6), la serie del niple mostró un rápido incremento, llegando a valores en el rango de 5, momento en el cual la serie de la tijera alcanzó esos valores hasta la novena medición. Los valores de ambas series continuaron aumentando y, ocasionalmente, disminuyendo en ciertos puntos, lo que indicó que el proceso de corrosión estaba activo, pero con incrementos que ralentizaban su avance. La serie de la tijera alcanzó el valor más alto, 5.59, mientras que el niple registró 5.56, una diferencia de tres dígitos (Ilustración 95).

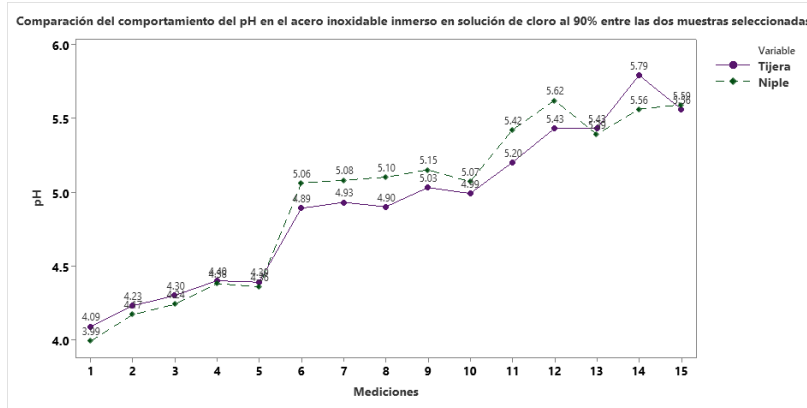


Ilustración 95: Comparación del comportamiento del pH del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.3.0.4 POTENCIAL OXIDACIÓN-REDUCCIÓN (ORP)

Las dos series de mediciones presentaron inicios con valores de los 100 mV, los cuales fueron disminuyendo progresivamente. En los dos escenarios, la corrosión escaló rápido desde las primeras mediciones. Entre las mediciones siete y nueve (6-9) de los dos escenarios, los valores descendieron significativamente en rangos de 141-133 mV en la serie de la tijera y 130-126 mV en la serie del niple, teniendo un ascenso en las mediciones diez y once (10-11). En ambos casos los valores disminuyeron a medida que llegaban a la última medición, provocando una corrosión en el metal en forma de oxidación (Ilustración 96).

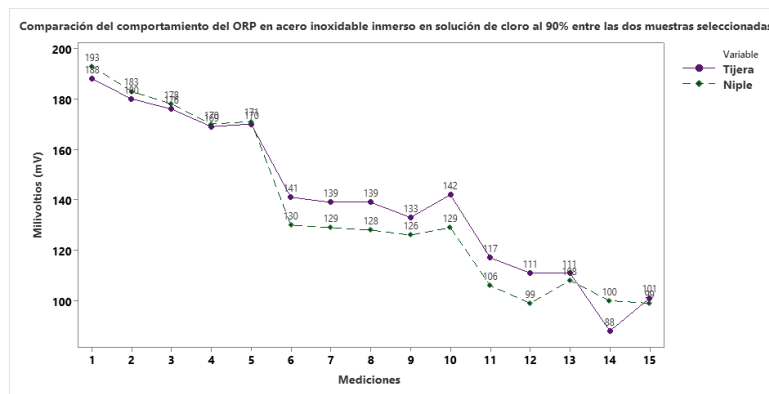


Ilustración 96: Comparación del comportamiento del Potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera y niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.31 COMPARACIÓN RESISTENCIA/VOLTAJE

Se contrastaron los datos entre la resistencia y el voltaje con el propósito de estudiar la relación de los datos. La ley de Ohm, postula que cuando la corriente se mantenía constante, la relación entre la resistencia y el voltaje son una proporción.

En ambas series, los datos recopilados para el voltaje y la resistencia resultaron completamente negativos. A pesar de esta negatividad constante, los valores experimentaron variaciones a lo largo de las distintas mediciones. Una resistencia con valores negativos denota la susceptibilidad a la corrosión que el acero inoxidable exhibió. Por otro lado, un voltaje bajo indica que, aunque el metal exhibió signos de corrosión, el entorno en el que se encontraba no presentaba agresividad hacia este.

La variabilidad de los datos se generó a raíz de la interacción de los electrodos con su entorno. Los productos de corrosión tienden a formarse y a adherirse tanto a las superficies de los electrodos como a la interfaz entre ellos (Ilustraciones 97 y 98).

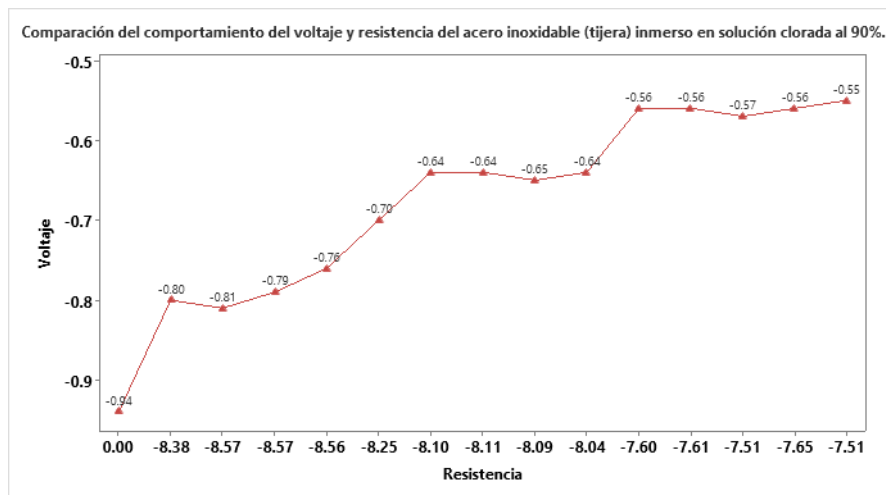


Ilustración 97: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

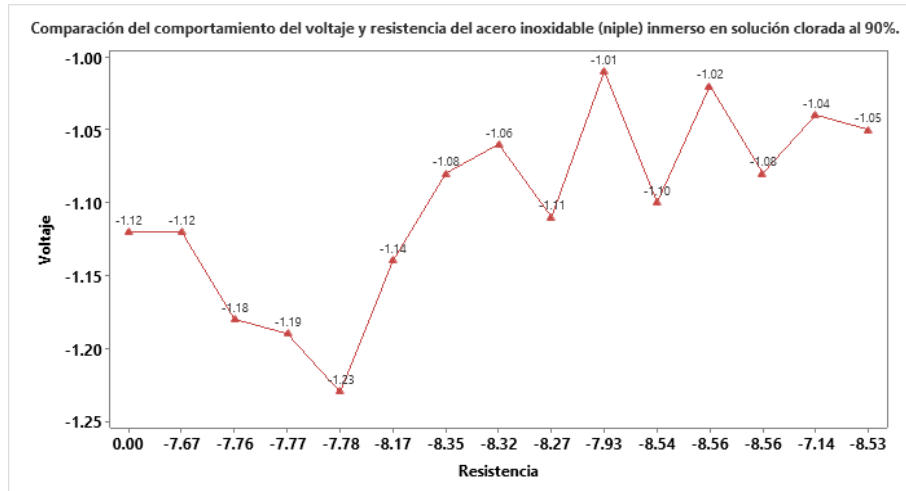


Ilustración 98: Comparación del comportamiento del voltaje y resistencia del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.32 COMPARACIÓN PH/ORP

Al analizar los datos recopilados de las mediciones de la concentración de 90%, se mostró un cambio significativo en los valores obtenidos para las dos series. Los valores del pH fueron menores con rangos empezando desde un valor de 3 para la serie del niple y un rango de valores de 4 para la serie de la tijera. Lo cual estableció que la solución era acida con un pH bajo. Estos números siguieron incrementando hasta llegar a rangos de valores de 5, mostrando que la solución aun contaba con un pH bajo. De esta forma el ORP de la solución presento datos positivos con rango de los 100 mV, los cuales descendieron en cada medición, pero aun siendo valores altos. Con las cifras obtenidas se indicó que si existió una relación entre el pH bajo y el ORP alto que ocasiono una reacción de oxidación sobre el acero inoxidable (Ilustraciones 99 y 100).

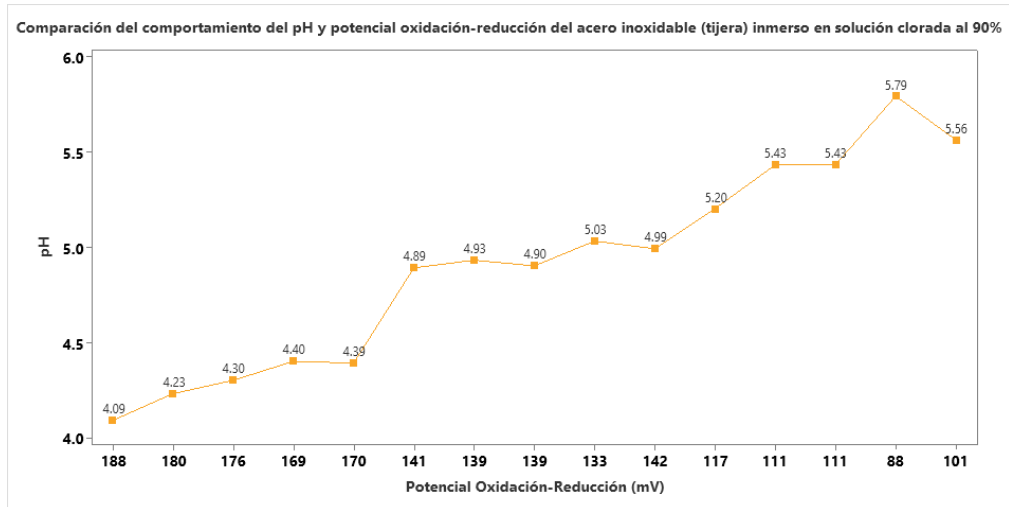


Ilustración 99: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (tijera) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

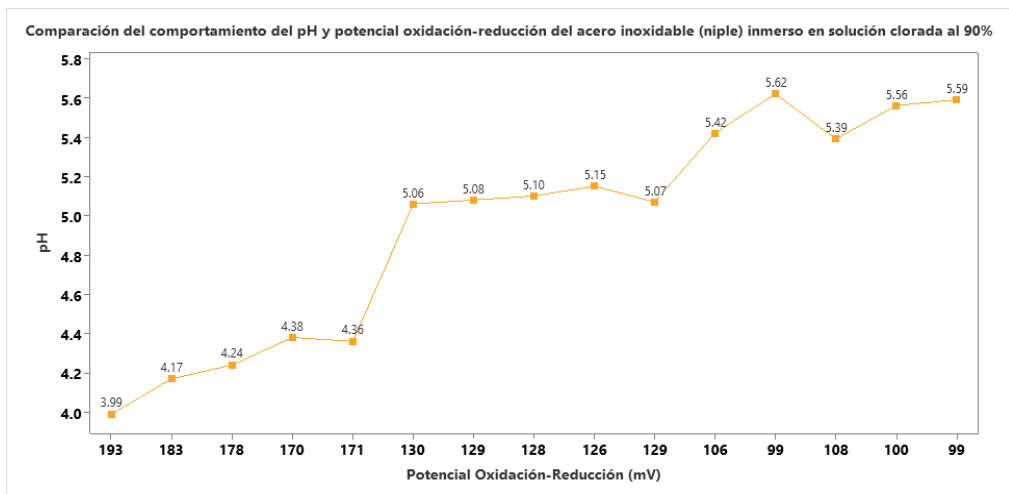


Ilustración 100: Comparación del comportamiento del pH y potencial oxidación-reducción del acero inoxidable AISI 304 (niple) inmerso en solución clorada al 90%

Fuente: Elaboración propia

5.33 DESCRIPCIONES FÍSICAS DE LOS METALES

5.33.1 SOLUCIÓN CLORADA AL 12% TIJERA Y NIPLE

Se introdujeron dos piezas de acero inoxidable AISI 304, junto con dos láminas de zinc en la celda electroquímica con la solución del cloro al 12%. Una de las piezas era una tijera quirúrgica con un peso de 20.2 gramos, la otra pieza era un niple con un peso de 127 gramos y las láminas de zinc con un peso de 10 gramos. En el primer día de medición, los metales fueron parcialmente

sumergidos en la solución (Ilustraciones 101 y 102). Durante 5 horas en el primer día se observaron cambios en la apariencia de los metales mostrando algunos indicios corrosivos en la superficie del metal, por otro lado, la solución no presentó ningún cambio. Para el segundo día se notaron indicios de corrosión en ciertas partes de los metales y en el zinc, al igual que se empezaron a presentar cambios en el color de la solución y fragmentos flotando dentro de la misma (Anexos 1 y 2).

En el último día se identificó una corrosión más pronunciada sobre el metal que contó con un color más oscuro en la superficie y con pedazos adheridos. La solución se tornó a un color café con una mayor cantidad de partículas desprendidas de los metales y de las dos láminas de zinc flotando en ella (Ilustraciones 101 y 102). El tipo de corrosión que se produjo tanto en los metales (tijera y niple) como en el zinc se definió como una corrosión galvánica (Sección 3.3.1.3 del estado del arte), ya que se utilizó un material menos noble, el cual fue el zinc, y un acero inoxidable para producir este fenómeno electroquímico el cual daña la superficie del acero inoxidable provocando la corrosión. Los metales se mantuvieron sumergidos por una semana, donde fueron retirados y examinados detalladamente (Anexos 1-2).



Ilustración 101: Tijera sumergida en solución de cloro al 12% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha)

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 102: Niple sumergida en solución de cloro al 12% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha)

Fuente: Elaboración propia

5.33.2 SOLUCIÓN CLORADA AL 70% TIJERA Y NIPLE

En la solución de cloro al 70% se aplicó la misma técnica de sumergir la tijera y el niple de acero inoxidable AISI 304, junto con otras dos láminas de zinc, que funciona como cátodo con el propósito de dañar la superficie del acero inoxidable. Durante el primer día, en las 5 horas de estudio, se notó un cambio en los metales, al igual que en el zinc. La solución clorada no presentó ningún cambio (Ilustraciones 103 y 104). En el segundo día de medición, se identificaron signos de una corrosión activa sobre los metales, en donde la tijera se mostró más afectada que el niple, que también presentó corrosión, pero con menos presencia (Anexos 3 y 4). La solución se mantuvo con su color original en las dos (2) celdas, sin ningún tipo de cambio significativo en su apariencia.

En el tercer y último día, los metales presentaron una corrosión más visible en ciertas partes de su superficie (Ilustraciones 103 y 104). La pieza más afectada fue la tijera con una corrosión más desarrollada en la parte superior e inferior, mientras que el niple señaló rasgos corrosivos en la parte media y en la parte superior de los bordes cilíndricos. Por otra parte, el zinc solo mostró desgaste en su estructura en los dos escenarios. Se comprobó que ocurrió una corrosión galvánica (Sección 3.3.1.3 del estado del arte), tanto en el niple como en la tijera, la cual fue visible en el tercer día. Las piezas se dejaron reposando otra semana en la solución para después extraerlas y tener una visión de los cambios ocurridos en sus respectivas apariencias (Anexos 3 y 4).



Ilustración 103: Tijera sumergida en solución de cloro al 70% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha)

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 104: Niple sumergida en solución de cloro al 70% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha)

Fuente: Elaboración propia

5.33.3 SOLUCIÓN CLORADA AL 90% TIJERA Y NIPLA

La última concentración de cloro que se utilizó, siendo la más fuerte, fue la de 90%. El primer día se introdujo la tijera y el niple en sus respectivas celdas electroquímicas junto con las dos láminas de zinc (Ilustraciones 105 y 106). En 5 horas ocurrió un cambio en los dos metales, al igual que en las láminas de zinc, por otra parte, la solución no mostro ningún cambio en su apariencia, se mantuvo en su estado normal. Para el segundo día se apreciaron cambios mayores

en la apariencia de la tijera y el niple (Anexos 5 y 6). Las dos piezas presentaron señales de corrosión muy notables en su superficie, con manchas color café en ciertas áreas. La solución de la pieza de la tijera se tornó de un color más amarillento con partículas del acero inoxidable esparcidas flotando en la misma. El zinc presentó signos de desgaste leves en su estructura.

Para el tercer día (Ilustraciones 105 y 106) se observó que la corrosión galvánica había tomado efecto sobre los metales y también sobre el zinc (Sección 3.3.1.3 del estado del arte). La tijera mostro una corrosión extendida en diferentes partes mientras que en el niple se observó una corrosión más pronunciada en la parte superior teniendo un color café muy visible. Las soluciones en los dos contenedores presentaron colores más amarillos con fragmentos diminutos que se desprendieron de los mismos metales. Por otro lado, el zinc manifestó un desgaste mucho mayor en su integridad, cambio a un color mucho más oscuro y sin brillo. El zinc que estaba sumergido junto al niple presentó un mayor efecto corrosivo. La tijera, niple y el zinc se extrajeron una semana después para tener una mejor apreciación del efecto de corrosión (Anexos 5 y 6).



Ilustración 105: Tijera sumergida en solución de cloro al 90% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha)

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 106: Niple sumergida en solución de cloro al 90% Días 1 (izquierda) y 3 (derecha)

Fuente: Elaboración propia

5.33.4 SOLUCIÓN CLORADA AL 90% ELEVADA DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304

Se realizó una prueba en la que se experimentó con un niple de acero inoxidable AISI 304 sometiéndolo a una solución del cloro al 90%, la cual se elaboró con una mayor cantidad de cloro disuelto con agua. Esta prueba se ejecutó con el propósito de observar el cambio del metal en una solución más elevada, sin hacer uso de otros metales, y medir en cuanto tiempo se efectuó el proceso corrosivo sobre él. En el primer día se sumergió el metal completamente en la solución (Ilustración 107). Durante 5 horas no hubo señal de un cambio en el metal o en la misma solución. En el segundo día el metal experimentó una serie de burbujas sobre su superficie dentro de la solución, pero sin presentar indicios de algún efecto corrosivo (Anexo 7).

Para el tercer día se pudieron observar manchas de color café en la zona cilíndrica del niple, representando un inicio lento del proceso corrosivo ejercido sobre el metal (Ilustración 106). Por motivos de obtener una mejor visualización de la evolución del efecto corrosivo, se dejó sumergido el metal una semana más para luego proceder a su extracción del medio. Una vez afuera se identificó que se aumentó levemente la corrosión en la misma área cilíndrica del niple (Anexo 7).



Ilustración 107: Niple sumergida en solución de cloro al 90% elevado

Fuente: Elaboración propia

5.33.5 SOLUCIÓN CLORADA AL 90% ELEVADA DEL HIERRO

Para la realización de esta prueba también se usó una solución clorada al 90%, que contenía una mayor cantidad de cloro disuelto en el agua. Este experimento se llevó a cabo con una pieza de hierro con el propósito de visualizar su tiempo de resistencia al ser expuesto a un agente corrosivo. En el primer día que se introdujo a la solución, de inmediato está actuó sobre el hierro provocándole una oxidación intensa (Ilustración 108). Se notó el desgaste rápido que hubo sobre el hierro y como la solución empezó a cambiar de color a rojo a medida que se perdía la integridad del metal. Durante 5 horas el hierro se siguió corroyendo a un ritmo acelerado.

En el segundo día la pieza de hierro estaba totalmente desgastada, lo cual se identificó como una corrosión generalizada en la que hubo un deterioro uniforme en toda la superficie del hierro (Sección 3.3.1.3 del estado del arte). La solución a este punto ya estaba totalmente negra, llena de los residuos generados por la pérdida del hierro (Anexo 8). En el último día la solución estaba aún más llena de partículas del hierro y este tenía un color totalmente oscuro con ciertas partes consumidas por la exposición (Ilustración 108).



Ilustración 108: Pieza de hierro sumergida en solución de cloro al 90% elevado

Fuente: Elaboración propia

5.34 CORROSIÓN EN EL AMBIENTE HOSPITALARIO

Como se pudo observar en la literatura de FUKUZAKI (2006) más los resultados que se obtuvieron al realizar el experimento, el NaClO es un químico que genera efectos negativos al hierro y acero inoxidable AISI 304, este último es uno de los metales más utilizados en la fabricación de equipos y mobiliario hospitalario (Nakano, 2019). Sin embargo, la desinfección es un proceso importante dentro del entorno hospitalario, por lo que el uso de desinfectantes con Hipoclorito de Sodio acelera corrosión de equipos fabricados con los metales puestos a prueba. El cloro es un agente oxidante (Tabla 7) que, con el tiempo, puede dañar las superficies metálicas y reducir la vida útil de equipos y utensilios médicos, así como también elevar los costos de los hospitales.

La oxidación de metales conlleva una serie de efectos adversos graves, tanto directos como indirectos para el sector hospitalario, dado que puede repercutir en la salud de las personas debido a infecciones por la presencia de bacterias en heridas por la manipulación o uso de equipos con problemas de corrosión, así como en el incremento de costos por el deterioro de los equipos y mobiliario médico por los efectos antes mencionados, la cual se genera por el constante de desinfectantes a base de hipoclorito de sodio.

VI. CONCLUSIONES

1. Se analizó el comportamiento del acero inoxidable AISI 304 y del hierro (Fe) cuando fueron expuestos a diversas concentraciones de NaClO, un catalizador en el proceso electroquímico de la corrosión. Los resultados mostraron que el acero inoxidable AISI 304 poseía una resistencia superior a la corrosión en relación con el hierro bajo las condiciones experimentales propuestas. Se identificó que las piezas de aleación de AISI 304 manifestaron indicios de corrosión en un tiempo menor a 4 horas (para las piezas que se encontraban en la celda electroquímica) y en un tiempo mayor a 48 horas (para las piezas completamente sumergidas). Por otro lado, se observó que el tiempo de corrosión para la pieza de hierro fue inferior a 15 minutos. Estos resultados respaldaron la importancia de comprender y evaluar el impacto de las concentraciones de NaClO en la corrosión de diferentes materiales, ya que incluso aquellos reconocidos por su resistencia pueden ser susceptibles a la corrosión bajo ciertas circunstancias.
2. Se llevó a cabo una revisión retrospectiva de la literatura científica relacionada con la corrosión del acero inoxidable AISI 304 y otros metales en exposición a soluciones cloradas y no cloradas. Esta revisión proporcionó una sólida base teórica para el estudio. En particular, se observó que los aceros inoxidables, como el AISI 304, han sido ampliamente adoptados en aplicaciones médicas debido a su resistencia a la corrosión, un factor esencial dado la necesidad de limpieza y desinfección en entornos médicos. Se exploraron las ventajas y desventajas del cloro como desinfectante, destacando su eficacia antimicrobiana y su impacto en ciertos metales. Esta revisión bibliográfica sirvió como fundamento para la investigación, ofreciendo una visión clara de la situación pasada de los materiales y desinfectantes en el ámbito médico.
3. A través del estudio realizado, se determinó que la corrosión de los metales actuó como una variable dependiente afectada directamente por la manipulación de múltiples variables independientes, entre las cuales están el volumen del agua, la concentración y forma del cloro, el tiempo de inmersión y otros parámetros electroquímicos. La aplicación de distintas técnicas e instrumentos, desde el análisis visual hasta el uso del software

Minitab, permitió un seguimiento y registro detallado de los cambios observados en las muestras de metal expuestas en diferentes concentraciones de cloro.

La metodología diseñada para investigar los efectos corrosivos del cloro en el hierro y el acero inoxidable AISI 304 resultó ser efectiva en proporcionar una comprensión profunda de la corrosión en estos materiales. Se observó que el acero inoxidable AISI 304 es considerablemente más resistente a la corrosión en comparación con el hierro en entornos con cloro.

4. Las observaciones experimentales revelaron variaciones en la resistencia eléctrica y en los niveles de voltaje en función de la concentración de la solución clorada. Estas variaciones reflejaron cómo diferentes concentraciones de agentes corrosivos pudieron influir de manera distinta en las propiedades eléctricas del acero inoxidable AISI 304. Se evaluaron las cifras de voltaje expuestas en las gráficas y, en particular, se observó una mayor actividad corrosiva en la tijera de aleación AISI 304 que se sumergió en la solución de 90%. Se reflejó un aumento progresivo de su voltaje a medida que se tomaron datos, así como en la resistencia, que presentó valores más negativos en comparación con otras concentraciones. Por otro lado, al relacionar el voltaje y la resistencia en la segunda muestra (niple de aleación AISI 304), se encontró que, aunque mostró una menor señal de corrosión en las primeras mediciones en la solución de 90%, con el tiempo también experimentó un aumento en los niveles de voltaje. La resistencia en este caso mostró valores más claros, indicando una polarización más negativa en comparación con otras concentraciones. Se pudo verificar que la solución de 90% fue la que generó la mayor actividad corrosiva en ambos metales.
5. El análisis de los datos de pH y ORP en las soluciones cloradas reveló que el cloro tiene un impacto significativo en las propiedades químicas de las soluciones. La disminución del pH indica que la presencia de cloro conduce a una mayor acidez en el medio acuoso, lo que puede contribuir a la corrosión de materiales metálicos. Además, la reducción del ORP sugiere un ambiente más reductor debido a la presencia de cloro, lo que puede aumentar la susceptibilidad a la corrosión y la degradación de los materiales. En concentraciones de cloruro al 12%, el acero mostró una marcada tendencia reductora, y esta reactividad fue

notoriamente influenciada por el tipo de objeto de acero sumergido. Para las soluciones al 70%, el ambiente alcalino junto con valores bajos de ORP sugirieron una predominancia de efectos reductores en el proceso corrosivo, especialmente en el caso de los niples de acero inoxidable AISI 304. No obstante, en concentraciones elevadas de cloruro al 90%, el entorno ácido combinado con un ORP positivo dejó claro que la corrosión se orientaba hacia la oxidación. En consecuencia, al trabajar con acero inoxidable en ambientes clorados, es esencial considerar las características específicas de la solución para anticipar y mitigar posibles problemas corrosivos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere explorar la posibilidad de reemplazar el zinc por otro electrodo con el fin de mejorar el monitoreo y el seguimiento del fenómeno corrosivo en el acero inoxidable AISI 304, buscando así una mayor eficiencia en la inducción de la corrosión en este material.
2. Se recomienda llevar a cabo dos series de mediciones de voltaje y resistencia en los metales: la primera dentro de la celda electroquímica y la segunda fuera de la misma, con el propósito de evaluar y comparar la concordancia de los valores obtenidos.
3. Corroborar el uso de equipos debidamente calibrados, para garantizar mediciones precisas y coherentes. La calibración adecuada de estos instrumentos es esencial para obtener resultados confiables en las mediciones de pH, ORP, voltaje y resistencia.
4. Sería beneficioso explorar y emplear métodos adicionales para analizar la corrosión en los metales. La incorporación de nuevas técnicas y tecnologías podría fortalecer aún más el trabajo, brindando una perspectiva más completa y robusta de los resultados.

VIII. APLICABILIDAD

La aplicabilidad de este estudio abarca diversos ámbitos dentro de la industria médica y la investigación en materiales:

- Selección de Materiales: Las instituciones de salud y fabricantes de equipos médicos pueden utilizar la información recopilada en este trabajo para tomar decisiones informadas sobre la selección de materiales durante el diseño y fabricación de herramientas y equipos.
- Desarrollo de Nuevos Desinfectantes: Las empresas químicas y laboratorios de investigación pueden basarse en los hallazgos para desarrollar desinfectantes que sean eficaces en términos antimicrobianos y que, al mismo tiempo, minimicen los efectos negativos sobre los materiales más utilizados en equipos médicos.
- Protocolos de Desinfección: Las entidades hospitalarias y clínicas pueden reevaluar y ajustar sus protocolos de desinfección, teniendo en cuenta los efectos adversos de ciertos agentes químicos sobre los metales, extendiendo así la vida útil de su equipo y reduciendo los costos a largo plazo.

IX. TRABAJO FUTURO

Este proyecto ofrece una sólida base para futuras investigaciones, las cuales pueden ser continuadas por otros equipos de investigadores. Una vía de extensión podría involucrar la adición de dos o más tipos de desinfectantes, uno que contenga hipoclorito de sodio y otro con un componente principal distinto, ambos ampliamente reconocidos por su uso en entornos hospitalarios. Esto que permitiría una comparación de sus efectos sobre el acero inoxidable AISI 304. Dicha extensión podría proporcionar información adicional sobre la resistencia de este material a diferentes agentes químicos desinfectantes. Además, sería beneficioso considerar la realización de un mayor número de mediciones, permitiendo así una observación más detallada y precisa de los resultados obtenidos. Esta ampliación del alcance del estudio podría revelar tendencias más pronunciadas y brindar una comprensión más completa de la dinámica de corrosión en estas condiciones específicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A. Maddah, H. (2016). Polypropylene, UNIPOL Technology, Dow, Applications, Properties, Plastic, Polymer, Thermoplastic. *American Journal of Polymer Science*.
2. Abdulkadir, A. (2019). *Disinfection and sterilisation of healthcare medical devices: A review*. <https://www.netjournals.org/pdf/MRI/2019/4/19-033.pdf>
3. Agrawal, S., Ingle, N., Maity, U., Vir Jasra, R., & Munshi, P. (2018). *Effect of Aqueous HCl with Dissolved Chlorine on Certain CorrosionResistant Polymers*. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b00515>
4. Alcívar, G. N. M. (2019). *LA ÉTICA PROFESIONAL EN EL USO DE ACERO INOXIDABLE PARA LA FABRICACIÓN DE MOBILIARIO DEL SECTOR HOSPITALARIO*. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2019/10/mobiliario-hospitalario-acero.pdf>
5. Aranke, M., Moheimani, R., Phuphanich, M., Kaye, A. D., Ngo, A. L., Viswanath, O., & Herman, J. (2021a). *Disinfectants In Interventional Practices*. <https://doi.org/10.1007/s11916-021-00938-3>
6. Aranke, M., Moheimani, R., Phuphanich, M., Kaye, A. D., Ngo, A. L., Viswanath, O., & Herman, J. (2021b). Disinfectants In Interventional Practices. *Current Pain and Headache Reports*, 25(4), 21. <https://doi.org/10.1007/s11916-021-00938-3>
7. Ashkenazi, D. (2019). How aluminum changed the world: A metallurgical revolution through technological and cultural perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, 143, 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.03.011>

8. Balazic, M., Kopac, J., Jackson, M., & Ahmed, W. (2007). Review: Titanium and titanium alloy applications in medicine. *International Journal of Nano and Biomaterials*, 1. <https://doi.org/10.1504/IJNBM.2007.016517>
9. *Compendium of Chemical Hazards*. (2019).
10. Diomedi, A., Chacón, E., Delpiano, L., Hervé, B., Jemenao, M. I., Medel, M., Quintanilla, M., Riedel, G., Tinoco, J., & Cifuentes, M. (2017). Antisépticos y desinfectantes: Apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología. *Revista chilena de infectología*, 34(2), 156–174. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182017000200010>
11. Fazel-Rezai, R. (2011). *Biomedical Engineering – From Theory to Applications*.
12. FUKUZAKI, S. (2006). *Mechanisms of Actions of Sodium Hypochlorite in Cleaning and Disinfection Process*. <https://doi.org/10.4265/bio.11.147>
13. Kabir, K., & Mahmud, I. (2010). Study of Erosion-Corrosion of Stainless Steel, Brass and Aluminum by Open Circuit Potential Measurements. *Journal of Chemical Engineering, Institute of Engineers, Bangladesh*, 25, 13–17. <https://doi.org/10.3329/jce.v25i0.7234>
14. Kannan, B., Kumaran, T., Marimuthu, U., & Padmanabhan, P. (2020). A Review of Electrochemical Corrosion on Stainless Steel 316. *INCAS BULLETIN*, 12, 221–226. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2020.12.4.20>
15. Kulkarni, M., Mazare, A., Schmuki, P., & Iglíč, A. (2014). *Biomaterial surface modification of titanium and titanium alloys for medical applications*.
16. Loto, R. T., Joseph, O. O., & Akanji, O. (2015). *Electrochemical corrosion behaviour of austenitic stainless steel (type 304) in dilute hydrochloric acid solution*.

17. Maddah, H. (2016). Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *2163-1352, 2016, 1–11*. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20160601.01>
18. Majewski, K., Mantell, S. C., & Bhattacharya, M. (2020). Relationship between morphological changes and mechanical properties in HDPE films exposed to a chlorinated environment. *Polymer Degradation and Stability, 171, 109027*. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.109027>
19. *Manual acero inoxidable.indd*. (2010).
20. Mullaney, K. (2008). *Sterilization and Disinfection in the Operating Room*. <https://doi.org/10.1016/j.cpen.2008.02.001>
21. Nakano, T. (2019). *Metals for biomedical devices*.
22. Obi C., O. C., U. K., M., S. B., M., R. F., A., & T., H. (2016). *Assessment of commonly used Hospital Disinfectants on Bacteria isolated from the Operating Theatre*. <http://dx.doi.org/10.31248/JBBD2016.014>
23. Patel, R. M. (2016). Polyethylene. En *Multilayer Flexible Packaging* (pp. 17–34). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37100-1.00002-8>
24. Polietileno. (2023). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Polietileno&oldid=150944585>
25. Polipropileno. (2023). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Polipropileno&oldid=151756850>
26. Ramírez Juárez, A. R. (2019). *Ley de Ohm*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63362668/Ley_de_Ohm20200519-80557-1s4l288-libre.pdf?1589910420=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DLey_de_Ohm.pdf&Expires=1694054097&Signature
=gNdfdA03U3fGi4U5lcoa-KC5IEd49MCkoo8k71R2P3CgfLerBE1og4sBF-BCI-
NTj24iVmShmEWQKONekO6jrE6yAwqr62LltK~uPRmrb71uDWsc5n8ZJqvbVzKfSGPovsQ4
38Cq2cSXYKsBnG-
fbwXNCqVfX8ZV0X0TMGsa3D02TWQTnTIUcZrD~UdsNTH8cmdqP7Zjg32AEOfDfayOcQz
kfWj394sZLypAjk~GfAw8uj4HJ0MXKOVQZSdHPxApMqh3Ga2xsDFWholy4TvZZkchnhS
MuZ1nj7Wxbclv26dkoiUl-viNtlr8BFtWOvF-UytWKCq2SO5l-~LtVQAaw__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

27. Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2008). *Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities*.

<https://stacks.cdc.gov/view/cdc/47378#:~:text=%22The%20Guideline%20for%20Disinfection%20and%20Sterilization%20in%20Healthcare,and%20for%20cleaning%20and%20disinfecting%20the%20healthcare%20environment.>

28. Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2014). *Selection of the Ideal Disinfectant*.

29. Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2015). Disinfection, Sterilization, and Control of Hospital Waste. *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, 3294-3309.e4. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-4801-3.00301-5>

30. Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2016). Disinfection, sterilization, and antisepsis: An overview. *American Journal of Infection Control*, 44(5 Suppl), e1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.10.038>

31. Salazar-Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: Tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Revista Tecnología en Marcha*, 28(3), 127. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2417>
32. Spital, H. (2007). *NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS*.
33. Veiga, C., Davim, J. P., & Loureiro, A. J. R. (2012). *PROPERTIES AND APPLICATIONS OF TITANIUM ALLOYS: A BRIEF REVIEW*.
34. webmaster. (2022, junio 26). ¿En qué consiste y cómo se produce la corrosión? *Stabilit*. <https://www.stabilit.com/blog/que-es-la-corrosion/>
35. Wolfram|Alpha. (2020). $Fe + NaClO \rightarrow Fe_2O_3 + NaCl$ —Wolfram|Alpha. Wolfram|Alpha. <https://es.wolframalpha.com>
36. Yoo, J.-H. (2018). *Review of Disinfection and Sterilization – Back to the Basics*. <https://doi.org/10.3947%2Fic.2018.50.2.101>
37. Zaid, B., Saidi, D., Benzaid, A., & Hadji, S. (2008). Effects of pH and chloride concentration on pitting corrosion of AA6061 aluminum alloy. *Corrosion Science*, 50(7), 1841–1847. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2008.03.006>

ANEXOS

Anexo 1: Medición día 2 y tijera extraída de la solución de cloro al 12%.



Anexo 2: Medición día 2 y niple extraído de la solución de cloro al 12%.



Anexo 3: Medición día 2 y tijera extraída de solución de cloro al 70%.



Anexo 4: Medición día 2 y niple extraído de solución de cloro al 70%.



Anexo 5: Medición día 2 y niple extraído de solución con cloro al 90%.



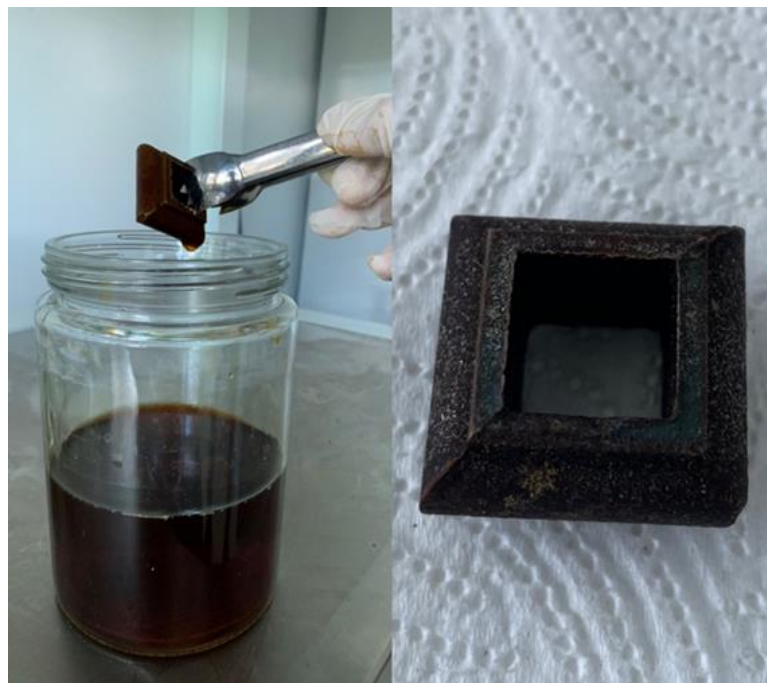
Anexo 6: Medición día 2 y niple extraído de solución con cloro al 90%.



Anexo 7: Medición día 2 y niple extraído de solución con cloro de 90% elevada.



Anexo 8: Medición día 2 y hierro extraído de solución con cloro al 90% elevada.



Anexo 9: Mesa de clínica en Honduras, material: acero inoxidable 304.



Anexo 10: Mesa de clínica en Honduras, material: acero inoxidable 304.



Anexo 11: Tabla Matriz Bibliográfica
Tabla 63: Matriz Bibliográfica

Título de la Investigación	Año	Autores	País	Tema Discutido	Resumen
1. Evaluación de desinfectantes hospitalarios comúnmente utilizados en bacterias aisladas del quirófano.	2016	Obi C., Muhammad U. K., Manga S. B, Atata R. F. y Hauwa T.	Nigeria	Desinfectantes	En resumen, solo el desinfectante "izal" que fue utilizado en UDUTH, con una concentración interna del 8%, demostró su eficacia contra todos los aislados clínicos que fueron sometidos a prueba. Fueron requeridos entre 25 y 30 minutos de exposición a los desinfectantes para eliminar todas las células viables de los aislados resistentes (Obi C. et al., 2016)
2. Relación entre los cambios morfológicos y las propiedades mecánicas de las películas de HDPE expuestas a un ambiente clorado	2019	K. Majewski, S.C. Mantell, M. Bhattacharya	USA	Polímero expuesto a solución clorada	Se investigó la degradación de películas fabricadas con HDPE en un entorno oxidativo, utilizando una sustancia clorada para dicho propósito. La degradación química se inició después del agotamiento del antioxidante, ocurriendo entre 250 y 500 horas de exposición. Este proceso se vio afectado por la difusión del cloro y la presencia de oxígeno en el entorno. Las muestras que fueron extruidas y sometidas a tratamiento térmico mostraron comportamientos similares en cuanto a la disminución del peso molecular, y la cristalinidad aumentó a medida que se prolongaba el tiempo de exposición. (Majewski et al., 2020).
3. Selección del Desinfectante Ideal.	2014	William A. Rutala, David J. Weber	Usa	Desinfectantes	A pesar de que no se hubiera desarrollado un producto de desinfección perfecto, fue esencial tomar decisiones adecuadas al seleccionar y utilizar los desinfectantes disponibles en ese momento para minimizar

4. Efecto del HCl acuoso con cloro disuelto sobre determinados polímeros resistentes a la corrosión.	2018	Santosh Agrawal, Ninad Ingle, Uttam Maity, Raksh Vir Jasra, and Pradip Munshi	India	Polímeros en contacto con sustancias cloradas	<p>los riesgos tanto para los pacientes como para el personal. Al elegir el desinfectante adecuado para limpiar superficies, fue de gran importancia tener en cuenta cinco aspectos clave y asignar una calificación a cada producto en categorías como su efectividad, tiempo de contacto y acción, seguridad, facilidad de uso, costos y nivel de estandarización (Rutala & Weber, 2014).</p> <p>El cloruro de hidrógeno (HCl) en su forma acuosa a base de agua, que contenía cloro gaseoso y se encontraba a temperaturas superiores a 50 °C, representó un sistema de corrosión de alta intensidad para materiales que idealmente eran resistentes a la corrosión. Estos medios corrosivos se emplearon ampliamente en diversos procesos de cloración en distintas industrias. Se utilizaron materiales como PP, PET, ECTFE y ETFE. Se encontró que el PP y el PET fueron afectados por la cloración y la oxidación. Por otro lado, el ETFE pudo resistir la cloración, pero no soportó el ataque de oxidación. Por último, se encontró que el ECTFE no experimentó cambios químicos significativos en esta situación de corrosión (Agrawal et al., 2018)</p>
5. La ética profesional en el uso de acero inoxidable para la fabricación de mobiliario del sector hospitalario	2019	Gabriel Montenegro Alcívar, Nicolás Jeverson Santiago Quishpe Gaibor	Ecuador	Acero inoxidable	<p>El acero inoxidable AISI 304 se utiliza en mobiliario hospitalario por sus propiedades antimicrobianas, fácil limpieza y esterilización. Esto ha ayudado a reducir focos de infección en hospitales. Además, es 100% reciclable y tiene la tasa más alta de reciclaje, lo que lo convierte en una opción ambientalmente favorable. Un 70% de los</p>

6. Cómo el aluminio cambió el mundo: Una revolución metalúrgica a través de perspectivas tecnológicas y culturales	2019	Dana Ashkenazi	Israel	Aluminio	<p>aceros inoxidables son reciclados al final de su vida útil, lo que disminuye su impacto ambiental (Alcívar, 2019).</p> <p>El aluminio es un material atractivo y reciclable, ofreciendo ventajas medioambientales y económicas. Su uso comercial comenzó en el siglo XIX, y culturalmente se considera un símbolo de modernidad. Las aleaciones de aluminio se utilizan en aplicaciones diversas. Se espera que las industrias del aluminio crezcan en el siglo XXI debido a sus excelentes propiedades y valor de reciclaje. Sin embargo, será necesario un esfuerzo continuo de investigación y desarrollo para mejorar la calidad de vida y minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente relacionados con su producción (Ashkenazi, 2019).</p>
7. Desinfección, esterilización y antisepsia: Panorama general	2016	William A. Rutala, David J. Weber	USA	Desinfección	<p>Cuando se emplearon adecuadamente, tanto la desinfección como la esterilización aseguraron el uso seguro de dispositivos médicos invasivos y no invasivos. Siempre se requirió llevar a cabo una limpieza previa a la desinfección de alto nivel y la esterilización. El cumplimiento riguroso de las directrices vigentes sobre desinfección y esterilización resultó fundamental para evitar infecciones en los pacientes y la exposición a agentes infecciosos</p> <p>Cuando se emplearon adecuadamente, tanto la desinfección como la esterilización aseguraron el uso seguro de dispositivos médicos invasivos y no invasivos. Siempre se requirió llevar a cabo una limpieza previa a</p>

8. Desinfectantes en las prácticas intervencionistas	2021	Mayank Aranke ^{1,2} & Moheimani ³ & Melissa Phuphanich ³ & Alan D. Kaye ⁴ & Anh L. Ngo ^{5,6} & Omar Viswanath ^{4,7,8,9} & Jared Herman	USA	Desinfección	<p>la desinfección de alto nivel y la esterilización. El cumplimiento riguroso de las directrices vigentes sobre desinfección y esterilización resultó fundamental para evitar infecciones en los pacientes y la exposición a agentes infecciosos (Rutala & Weber, 2016).</p> <p>Entre varios desinfectantes resultó fundamental para optimizar la seguridad del paciente y reducir las tasas de infección hospitalaria. Durante el año 2020, más que en cualquier otro momento, la importancia de la técnica y el uso adecuados de la desinfección ocupó un lugar destacado en el panorama de la atención médica. Nuestra revisión de las distintas modalidades utilizadas para la desinfección y la sanitización, en particular para procedimientos invasivos y pacientes hospitalizados, tuvo como objetivo detallar los mecanismos, usos y, en algunos casos, limitaciones de varios desinfectantes químicos. Esperamos que la inclusión de un registro completo y actualizado de desinfectantes en el conjunto existente de literatura haya sido oportuna, prudente y, en última instancia, de utilidad para la comunidad de atención médica como recurso de referencia (Aranke et al., 2021)</p>
9. Desinfección y esterilización de productos sanitarios: Una revisión	2019	Ademu Abdulkadir	Turquía	Desinfección	<p>Cuando se realizaron de manera efectiva; la desinfección y la esterilización garantizaron la utilización segura de dispositivos médicos, tanto invasivos como no invasivos. La elección del método de desinfección y esterilización dependió del propósito del</p>

<p>10. Desinfección: ¿ha llegado el momento de reconsiderar Spaulding?</p>	<p>2011</p>	<p>G. McDonnell, P. Burke USA</p>	<p>Niveles de desinfección</p>	<p>dispositivo médico. Los elementos críticos fueron sometidos a esterilización antes de su uso; los elementos semi-críticos se sometieron a un proceso de desinfección de alto nivel, mientras que los elementos no críticos se sometieron a una desinfección de bajo nivel. En los casos en que los elementos presentaron sangre visible, se realizó una limpieza previa antes de aplicar la desinfección de alto nivel. Se recomendó encarecidamente seguir estrictamente las directrices de desinfección y esterilización vigentes (Abdulkadir, 2019)</p> <p>El sistema de clasificación elaborado por el Dr. Earle Spaulding para la reutilización segura de dispositivos médicos y quirúrgicos abordó las necesidades clínicas de su época, las cuales experimentaron cambios mínimos desde 1957. Los estándares de desinfección y esterilización se basaron en una comprensión de la microbiología y los riesgos asociados con el uso de dispositivos en pacientes, respaldados por pruebas que involucraban microorganismos representativos. Sin embargo, la efectividad de estos métodos no siempre se cumplía, ya que ciertos virus, bacterias y protozoos desafiaban los procesos de desinfección y esterilización. Esta revisión sugirió mantener la clasificación de Spaulding, pero ajustar los métodos de prueba para incluir los patógenos, y reconociendo limitaciones frente a ciertos agentes (McDonnell & Burke, 2011).</p>
--	-------------	---------------------------------------	--------------------------------	---

11. Directrices para la desinfección y esterilización en centros sanitarios 2008	William A. Rutala, USA David J. Weber	Desinfección	Las Directrices de Desinfección y Esterilización en Instalaciones de Atención Médica de 2008 proporcionaron recomendaciones respaldadas por evidencia sobre los métodos preferidos para limpiar, desinfectar y esterilizar dispositivos médicos utilizados en la atención al paciente, así como para mantener la limpieza en el entorno de atención médica. La máxima efectividad en desinfección y esterilización proviene de una limpieza inicial para eliminar materiales orgánicos e inorgánicos, este documento también examinó métodos de limpieza. Entre los desinfectantes químicos evaluados para el equipo de atención al paciente se incluyeron alcoholes, glutaraldehído, formaldehído, peróxido de hidrógeno, yodóforos, orto-ftalaldehído, ácido peracético, fenoles, compuestos de amonio cuaternario y cloro. La elección del desinfectante, su concentración y el tiempo de exposición se basaron en el riesgo de infección asociado con el uso del equipo y otros factores discutidos en esta guía. Los métodos de esterilización abordados incluyeron esterilización por vapor, óxido de etileno (ETO), plasma de peróxido de hidrógeno y ácido peracético líquido. Para que estos procesos sean efectivos, los trabajadores de la salud debían adherirse estrictamente a las recomendaciones de limpieza, desinfección y esterilización en este documento y seguir las instrucciones en las etiquetas del producto (Rutala & Weber, 2008).
--	--	--------------	--

12.	NIIH NORMAS Y PROCEDIMIENTOS NACIONALES PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS	2007	DRA. ROSA KAFATI, DRA. IVÓN PATRICIA MUÑOZ, LIC. KARLA YESENIA BENAVIDES, LIC. SILVIA LOPEZ, LIC. PERLA SIMONS MORALES	Honduras	Normativa Honduras	de	Durante la estadía en el hospital u otros centros de atención médica, se presentaron infecciones intrahospitalarias, las cuales se contraían y desarrollaban en situaciones donde no habían estado clínicamente presentes ni en periodo de incubación al momento del ingreso del paciente. Este término abarcaba infecciones que se manifestaban después de la alta médica, las infecciones en recién nacidos que no estaban relacionadas con el proceso de parto y las infecciones que afectaban al personal de salud de dichos centros. Múltiples factores contribuyeron a la aparición de estas infecciones, como la susceptibilidad individual de los pacientes, procedimientos médicos invasivos, condiciones ambientales, microorganismos y la presencia de resistencia antimicrobiana. En Honduras, la carencia de un manual de prevención para estas infecciones motivó la elaboración de un manual nacional que estableció directrices para el personal de salud y tenía como objetivo principal minimizar el riesgo de transmisión de infecciones entre pacientes y el personal médico (Spital, 2007).
13.	Repaso a la desinfección y esterilización - Volver a lo básico	2018	Jin-Hong Yoo	Korea	Desinfección	Una decisión referente a la elección entre desinfección o esterilización se basaba en primer lugar en la clasificación de Spaulding. Especialmente en el caso de un elemento crítico, se seleccionaba un método que eliminara esporas, es decir, la esterilización. Además, al desinfectar especies de micro bacterias o virus no envueltos, se debía	

14. El polipropileno como plástico prometedor: Una revisión

Hisham A. Maddah USA

Polímeros

escoger de manera prudente y precisa el desinfectante adecuado (o esterilizante químico). El factor clave para la desinfección y esterilización consistía en elegir el método apropiado para la indicación correspondiente (Yoo, 2018).

Se encontró que el alto consumo global de propileno se debe a la demanda de polipropileno en diversas industrias debido a su versatilidad en aplicaciones. El polipropileno (PP) es único y ampliamente utilizado, con un número ilimitado de aplicaciones. Los avances desde su descubrimiento en 1954 han sido notables para satisfacer la creciente demanda. Se emplearon técnicas como la ramificación, refuerzo y relleno para mejorar sus propiedades mecánicas. Preservar las propiedades ópticas en PP reciclado es esencial. El polipropileno isostático semicristalinos (iPP) ha demostrado mantener buenas características ópticas tras el reciclaje. Se sugirió continuar investigando en plásticos como BOPP y PP-OH para aplicaciones eléctricas y mejorar los compuestos de PP en busca de mejores plásticos futuros. La investigación debe centrarse en superar problemas de procesamiento mediante nuevos catalizadores y mejoras en rendimiento y conversión, así como reducción de subproductos. Dow ofrece múltiples grados de PP para diferentes aplicaciones, lo que resalta la importancia de crear nuevos

<p>15. Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología</p>	<p>2017</p>	<p>Alexis Diomedi, Chile Eliana Chacón, Luis Delpiano, Beatrice Hervé, M. Irene Jemenao, Myriam Medel, Marcela Quintanilla, Gisela Riedel, Javier Tinoco y Marcela Cifuentes</p>	<p>Desinfección</p>	<p>grados para necesidades futuras (Maddah, 2016). Se evaluó que el adecuado uso de antisépticos y desinfectantes es una herramienta esencial para evitar la diseminación de agentes infecciosos y el control de infecciones asociadas a la atención de salud (IAAS). Debido a la importancia creciente de aspectos ambientales, diversos avances y actualizaciones en el ámbito de su correcta utilización en el ámbito local e internacional, el Comité Consultivo de IAAS de Sociedad Chilena de Infectología considera necesario la estructuración de una guía de utilización racional de antisépticos y desinfectantes, que proporcione bases científicas coherentes con dicho propósito (Diomedi et al., 2017).</p>
<p>16. Potenciales de circuito abierto del cromo metálico y del acero inoxidable austenítico 304 en solución acuosa de ácido sulfúrico y la influencia de los iones cloruro sobre ellos.</p>	<p>2008</p>	<p>Bore Jegdic, Dragutin M. Drazic, Jovan P. Popic</p>	<p>Mediciones electroquímicas</p>	<p>Se estudió el comportamiento del cromo puro en ácido sulfúrico (pH 1.0). Se encontró que podía manifestar dos potenciales de circuito abierto: uno en su estado pasivo y otro más negativo cuando la superficie se activaba mediante polarización catódica. En ambos casos, se generaban reacciones de evolución de hidrógeno, ya sea en la superficie pasiva o en la activa del cromo. La adición de NaCl a la solución hasta alrededor de 3 M ocasionaba sutiles cambios en los potenciales de circuito abierto, orientándolos en dirección negativa, y tenía un impacto considerable en la corriente de pasivación. En soluciones que contenían más de 3 M de NaCl en ácido sulfúrico, la</p>

17. Evaluación de la corrosión por picaduras del acero inoxidable austenítico tipo 304 en medios ácidos cloruro ácido.

2013

R.T. Loto

Mediciones electroquímicas

superficie pasiva del cromo se activaba espontáneamente, lo que dificultaba su pasivación mediante polarización anódica. En contraste, el acero inoxidable austenítico 304, con calidad aceptable, no experimentaba activación en ácido sulfúrico (pH 1.0). Este fenómeno se atribuía a la oxidación anódica del hidrógeno absorbido en el acero, durante la polarización catódica previa o la corrosión a potencial de circuito abierto, ocurriendo simultáneamente con la evolución de hidrógeno en la superficie pasiva. La inclusión de NaCl en la solución de ácido sulfúrico activaba la capa pasiva y, en soluciones con más de 3 M de NaCl, el acero 304 se tornaba activo para la disolución anódica, incluso sin tratamiento catódico previo (Jegdić et al. 2008).

Se examinó la resistencia a la corrosión por picaduras en acero inoxidable austeníticos en ácido sulfúrico diluido contaminado con una solución de NaCl. Al comparar las curvas de polarización en ácido sulfúrico de 2M y 5M con las que contenían cloruro de sodio, se pudo observar que los iones de cloruro redujeron de manera significativa el potencial en el cual se desencadenaba la formación de picaduras, lo que a su vez iniciaba la formación temprana de las mismas y aceleraba el proceso. A medida que aumentaba la molaridad del ácido sulfúrico, se incrementaba el potencial en el cual se producían las picaduras. Esta tendencia se debía a su efecto inhibitorio, que retrasaba la formación de picaduras al

competir con los iones de cloruro, a pesar de la elevada velocidad de corrosión. Los resultados demostraron una reducción en las regiones pasivas en los medios que contenían ácido sulfúrico + cloruro en comparación con la solución de ácido sulfúrico solamente. Esto provocó la formación de picaduras a través de un mecanismo autocatalítico. Aumentar la concentración de ácido sulfúrico solamente retrasó la formación de picaduras, pero aun así incrementó la velocidad de corrosión (Loto, 2013).

18. Estudio de la erosión-corrosión del acero inoxidable, latón y aluminio mediante mediciones del potencial de circuito abierto	2010	Kazi Bayzid Kabirlqbal, Mahmudlqbal Mahmud	Mediciones electroquímicas	Se llevó a cabo un estudio sobre la erosión-corrosión en acero inoxidable, latón y aluminio bajo la acción de un fluido. Se optó por un fluido sumergido ya que imitaba de manera cercana el flujo de fluido en las industrias de proceso. Para el estudio, se realizaron mediciones del Potencial de Corrosión de Abertura (OCP). La forma transitoria del OCP reflejó la gravedad del ataque al metal o la aleación por parte del entorno. Los resultados obtenidos a través de las mediciones de OCP también concordaron con los obtenidos mediante mediciones de pérdida de peso. Esta técnica, simple y económica, podría utilizarse como herramienta para la monitorización en tiempo real de la corrosión (Kabir & Mahmud, 2010).
19. Revisión de la corrosión electroquímica del acero inoxidable 316	2020	K. Baranidharan, S. Thirumalai Kumaran, M. Utha	Mediciones electroquímicas	El acero inoxidable 316 presenta una excelente resistencia a la corrosión en comparación con otros aceros inoxidables austeníticos. En este estudio, el contenido de

			Yakumar, P. Parameswaran			molibdeno añadido fue del 3% para aumentar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable 316. Se utilizaron revestimientos adicionales, micro y nanocompuestos para mejorar los resultados de la corrosión. El estudio demostró que, en todas las aplicaciones de corrosión, el acero inoxidable 316 puede utilizarse con aditivos como material adecuado, con mayor resistencia y durabilidad (Kannan et al., 2020).
20. Comportamiento electroquímico frente a la corrosión del acero inoxidable austenítico (tipo 304) en solución diluida de ácido clorhídrico	2015	R.T. Loto, O. O. Joseph y O. Akanji	Nigeria	Mediciones electroquímicas		Se analizó el comportamiento frente a la corrosión del acero inoxidable austenítico tipo 304 en soluciones de HCl 2M y 5M con adición de cloruro sódico mostró que el aumento de la concentración de cloruro sódico provocaba un aumento proporcional de la velocidad de corrosión en la solución de HCl 2M junto con un aumento de la densidad de la corriente de corrosión, sin embargo, en HCl 5M, el aumento de la concentración de cloruro sódico provocaba inicialmente un aumento instantáneo de la velocidad de corrosión antes de disminuir progresivamente. La observación revela que, en un umbral de concentración, el aumento de la concentración de cloruro sódico no produce un aumento de la velocidad de corrosión, y se descubrió que la adición de ion cloruro reduce el crecimiento de la película pasiva protectora en la superficie y aumenta la corriente de corrosión (Loto et al. 2015).
21. Metales para dispositivos médicos	2019	T. Hanawa	Japón	Metales		Se analizó la utilización y los tipos de metal empleados en la medicina. Con sus

22. Revisión: aplicaciones del titanio y sus aleaciones en medicina	2007	Matej Balazic, Januz Kopac, Mark J. Jackson y Waqar Ahmed.	Reino Unido	Titanio	<p>respectivas propiedades, ventajas y desventajas para ser utilizados en los dispositivos médicos. La tenacidad, la elasticidad, la rigidez y la conductividad eléctrica son propiedades esenciales que se exigen a los metales utilizados en dispositivos médicos. Nakano (2019)</p> <p>Se señaló que el uso de aleaciones de titanio como biomateriales ha ido en aumento debido a su reducido módulo elástico, su biocompatibilidad superior, su elevada relación resistencia/peso y su mayor resistencia a la corrosión en comparación con las aleaciones más convencionales de acero inoxidable y Co-Cr. La aleación de titanio, Ti-6Al-4V, es la más utilizada en aplicaciones médicas Balazic et al. (2007).</p>
23. Efectos del pH y de la concentración de cloruro en la corrosión por picadura de la aleación de aluminio AA6061 aleación de aluminio.	2008	B. Zaid, D. Saidi, A. Benzaid, S. Hadji	Algeria	Aluminio	<p>En este estudio, se investigaron los efectos del pH y la concentración de iones cloruro (Cl) en la corrosión de la aleación de aluminio AA6061 en soluciones de NaCl. Los resultados mostraron que la corrosión de la AA6061 depende del pH y de la concentración de cloruro en la solución. En soluciones alcalinas, se observó una intensa disolución química debido a los iones OH, mientras que en soluciones ácidas la corrosión fue relativamente baja. En soluciones neutras de cloruro, la aleación demostró una notable resistencia a la corrosión. El potencial de picadura no varió con el pH, pero sí con la concentración de cloruro. Además, se encontró que un aumento en el pH incrementa la densidad de corriente en el estado pasivo, desplaza el</p>

24. Modificación superficial de biomateriales de titanio y aleaciones de titanio para aplicaciones médicas	2014	Mukta Kulkarni, Anca Mazare, Patrik Schmuki, Aleš Igljč	Slovenia	Titanio	<p>potencial de corrosión a valores más activos y amplía la región pasiva. En resumen, la corrosión por disolución química por hidróxido dominó sobre la corrosión por picadura debido a los iones cloruro (Zaid et al., 2008).</p> <p>El titanio y sus aleaciones siguen siendo algunos de los biomateriales más prometedores utilizados para dispositivos biomédicos. A pesar de sus excelentes propiedades (buena resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, biocompatibilidad), al tratarse de materiales bioinertes, es necesario modificar su superficie para mejorar la osteointegración, la hemocompatibilidad u otras propiedades importantes en sus respectivas aplicaciones biomédicas. En este trabajo se presentó una visión general de los métodos de modificación superficial generalmente utilizados en la mejora de las propiedades del titanio y las aleaciones de titanio para aplicaciones biomédicas, teniendo en cuenta también el actual desplazamiento de la investigación de la escala micrométrica a la nanométrica (Kulkarni et al. 2014).</p>
25. Propiedades y aplicaciones de las aleaciones de titanio: breve resumen	2012	C. Veiga, J.P. Davim y A.J.R. Loureiro	Portugal	Titanio	<p>El presente artículo abordó la revisión de las aleaciones de titanio. Las principales propiedades y las aplicaciones. La aleación clásica Ti-6Al-4V hizo hincapié en el campo biomédico (Veiga et al., 2012).</p>
